21 МАЯ 1934 21 MAI

ДОКЛАДЫ
АКАДЕМИИ НАУК СССР

COMPTES RENDUS
DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'URSS

ТОМ II—VOLUME II

№ 6

IMPERIAL MYCOLOGICAL INSTITUTE 20 JUN 1938

	стр.
МАТЕМАТИКА	
И. М. Виноградов, академик. Новое решение проблемы Варинга	837
Н. С. Кошляков, член-корреспондент Академии Наук. О некоторых тождествах в аналитической теории чисел	842
ГИДРОДИНАМИКА	
Л. С. Лейбензон, член-корреспондент Академии Наук. Теория движения живой нефти в пласте	845
ФИЗИКА	
В. Ф. Миткевич, академик. О некоторых основных положениях, относящихся к области физики	851
А. Красин. О влиянии освещения на диэлектрические потери в рентгенизированной каменной соли	856

	pag.
MATHÉMATIQUES	
I. Vinogradow, Member of the Academy. A New Solution of Waring's Problem	841
N. Košliakov (Koshliakov), Corresponding Member of the Academy. Some Identities in the Analytical Theory of Numbers	845
HYDRODYNAMIQUE	
L. Leibenson, Corresponding Member of the Academy. The Theory of the Movement of Live Oil in the Layer	848
PHYSIQUE	
V. Th. Mitkevič (Mitkevitch), Member of the Academy. On Some Fundamental Statements Relating to the Domain of Physics	854
A. Krasin. On the Influence of Illumination on Dielectric Losses in Röntgenized Rock Salt	857

(См. на обороте)

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР
ЛЕНИНГРАД—LENINGRAD

(Продолжение)

СТР.

ХИМИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

П. Д. Данков и А. А. Кочетков. О предельных размерах частиц катализатора 359

И. Мочан, С. Рогинский, Ф. Федоров и А. Шехтер. Синтез аммиака ударом положительных ионов 365

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Н. С. Потинов. Управление качеством зерна орошаемых пшениц Заволжья 370

ГЕОЛОГИЯ

И. Н. Ефимов. Распределение органических остатков в кровле пластов каменных углей Донецкого бассейна 376

Л. Лунгерсгаузен. О стратиграфии „балтского яруса" 381

ЗООЛОГИЯ

Б. Зенкович. Некоторые наблюдения над китами Дальнего Востока 388

PAG.

PHYSIQUE CHIMIQUE

P. Dankov and A. Kočetkov. On Limiting Dimensions of Catalyst Particles . 362

F. Fedorov, I. Močan, S. Reginskij und A. Schechter. Bildung von Ammoniak durch Stoss positiver Ionen 367

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE

N. Petinov. Grain Quality Control of Irrigated Wheats of the Transvolga Areas 373

GÉOLOGIE

I. Efimov. The Distribution of Organic Remains in the Roofing of Coal Measures of the Donetz Basin . . . 378

L. Lungershausen. Über die Stratigraphie der „Balta-Stufe" 386

ZOOLOGIE

B. Zenkovič. Some Data on Whales of the Far East 390

Доклады Академии Наук СССР 1934
Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de l'URSS

МАТЕМАТИКА

Академик И. М. ВИНОГРАДОВ

НОВОЕ РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ВАРИНГА

В этой работе я даю новый метод решения проблемы Варинга. Этот метод отличается от ранее известных тем, что с одной стороны не требует преобразования Вейля, а с другой стороны дает несравненно лучшие результаты для числа $G(n)$, выражающего наименьшее число полных n-ых степеней, которым начиная с некоторого места все целые числа могут быть представлены.

Наилучшие из известных ранее результатов:

$$G(n) \leqq (n-2)\,2^{n-1} + 5,$$
$$G(n) < (n-2)\,2^{n-2} + n^2 \lg 2 + n + 5$$

найдены Hardy и Littlewood'ом в 1919 г.

Я получаю

$$G(n) < 32\,(n \lg n)^2.*$$

Метод настоящей работы уже применен мною ко многим другим проблемам теории чисел и решение теоремы Варинга я привожу здесь как первый пример. Другие результаты я надеюсь опубликовать в ближайшее время.

Обозначения. ϑ число, модуль которого не превосходит 1; ε сколь угодно малое положительное постоянное; (z) расстояние z до ближайшего целого.

n целое постоянное $\geqq 3$; c постоянное, зависящее только от n. Если $B > 0$, то $A \ll B$ обозначает, что $|A| \leqq cB$. $A = O(B)$ обозначает то же, что и $A \ll B$.

Лемма A. Пусть Q целое, N и X целые положительные, α вещественное

$$\alpha = \frac{a}{q} + \frac{\vartheta}{q^2};\ (a,q) = 1;\ q > 0;\ U = \sum_{Z=Q+1}^{Q+N} \min\left(X, \frac{1}{2(\alpha z)}\right).$$

Тогда имеет место неравенство:

$$U < \left(\frac{N}{q} + 1\right)\left(3X + q \lg q\right).$$

Лемма B. Пусть M и N целые; X и Y целые положительные

$$S = \sum\sum e^{2\pi i \alpha x y},$$

где α имеет то же значение, что и в лемме A, числа x и y независимо друг от друга пробегают значения, соответственно находящиеся среди чисел

$$M+1, M+2, \ldots, M+X;\ N+1, N+2, \ldots, N+Y,$$

причем каждое свое значение x пробегает не более f раз, а y не более g раз. Тогда имеет место неравенство:

$$|S| < fg\sqrt{XY\left(\frac{2Y}{q} + 1\right)\left(3X + q \lg q\right)}.$$

* Более точно будет $G(n) < 3k^2 + 4n$; k целое; $k = n \lg 8n + \vartheta'$; $0 < \vartheta' < 1$.

Доказательство. Очевидно

$$|S| \leqq f \sum_{u=M+1}^{M+X} \left| \sum_{y} e^{2\pi i \alpha u y} \right| \leqq f \sqrt{X \sum_{u=M+1}^{M+X} |e^{2\pi i \alpha u y}|^2} =$$

$$= f \sqrt{X \sum_{y} \sum_{y_1} \sum_{u=M+1}^{M+X} e^{2\pi i \alpha (y-y_1) u}} \leqq fg \sqrt{XY \sum_{Z=-Y+1}^{Y-1} \min\left(X, \frac{1}{2(\alpha z)}\right)}.$$

Отсюда, ввиду леммы A, лемма B следует непосредственно.

Лемма C. Пусть N целое

$$S_{aq} = \sum_{z=0}^{q-1} e^{2\pi i \frac{a}{q} z^n}; \quad (a, q) = 1; \quad q > 0; \quad C_{aq} = \left(\frac{S_{aq}}{q}\right)^{4n}.$$

Тогда имеем (a пробегает положительные числа $< q$, взаимно простые с q):

$$S_{aq} = O\left(q^{1-\frac{1}{n}}\right); \quad \sum_{q=1}^{u} \sum_{a} C_{aq} e^{-2\pi i \frac{a}{q} N} = b + O(u^{-2}); \quad b > c_1 > 0.$$

Лемма D. Число решений в целых положительных $x_1, x_2; \ldots, x_{4n}$ неравенства

$$x_1^n + x_2^n + \ldots + x_{4n}^n \leqq V$$

выражается формулой:

$$c_2 V^4 + O\left(V^{4-\frac{1}{n}}\right); \quad c_2 > 0.$$

Лемма E. Если в интервале $a \leqq x \leqq b$ имеем:

$$0 \leqq f'(x) \leqq \frac{1}{2}; \quad f''(x) > 0,$$

тогда

$$\sum_{x>a}^{x \leqq b} e^{2\pi i f(x)} = \int_{a}^{b} e^{2\pi i f(x)} dx + O(1).$$

1. Пусть k целое; $n+1 \leqq k \leqq n (\lg n + 3)$

$$P = P_1 \text{ целое} > P_0; \quad P_0 = (n 2^n) e^{2n}$$

$$P_2 = \left[\frac{1}{2} n^{\frac{1}{n}} P^{\frac{n-1}{n}}\right]; \quad P_3 = \left[\frac{1}{2} n^{\frac{1}{n}} P_2^{\frac{n-1}{n}}\right]; \ldots; \quad P_k = \left[\frac{1}{2} n^{\frac{1}{n}} P_{k-1}^{\frac{n-1}{n}}\right].$$

Нетрудно вывести неравенства:

$$P_\nu^n > n P_\nu^{n-1}; \quad P_\nu > \left(\frac{1}{2}\right)^{\nu-1} P^{\left(1-\frac{1}{n}\right)^{\nu-1}}.$$

Далее нетрудно показать, что когда числа $x_1, x_2, \ldots, x_k$ независимо друг от друга пробегают значения

$$x_s = P_s, P_s + 1, \ldots, 2P_s - 1; \quad s = 1, 2, \ldots, k,$$

то числа

$$u = x_1^n + x_2^n + \ldots + x_k^n \qquad [1]$$

друг на друга не налегают и кроме того все эти числа находятся среди чисел:

$$P^n, P^n + 1, \ldots, (2P)^n - 1.$$

Кроме того число $X = P_1 P_2 \dots P_k$ чисел u удовлетворяет неравенству:

$$X > 2^{-k^2} P^{n\left[1-\left(1-\frac{1}{n}\right)^k\right]},$$

которое, если положим $k = [hn+1]$, приведет к такому:

$$P^n > X > 2^{-k^2} P^{n-ne^{-h}}.$$

2. Полагая $\tau = 2n16^{n-1} P^{2n-1}$ и считая

$$\alpha = \frac{a}{q} + z; \quad (a, q) = 1; \quad 0 < q \leqq P; \quad |z| \leqq \tau^{-1},$$

рассмотрим сумму:

$$S_\alpha = \sum_u \sum_v e^{2\pi i \alpha uv},$$

где u и v независимо друг от друга пробегают значения [1]. Положим

$$u = x_1^n + \xi; \quad v = y_1^n + \eta,$$

где y_1 пробегает значения одинаковые с x_1 и η значения одинаковые с ξ.

Имеем:

$$S_\alpha = \sum_{x_1} \sum_{y_1} \sum_\xi \sum_\eta e^{2\pi i\left(\frac{a}{q}+z\right)(x_1^n+\xi)(y_1^n+\eta)} =$$

$$= \sum_{x_1} \sum_{y_1} \sum_\xi \sum_\eta e^{2\pi i \frac{a}{q}(x_1^n+\xi)(y_1^n+\eta)+zx_1^n y_1^n} + O(X^2 zP^{2n-1}).$$

Отсюда, вводя подстановку

$x_1 = qt + r; \quad y_1 = qw + s; \quad r = 0, 1, \dots, q-1; \quad s = 0, 1, \dots, q-1$

и полагая

$$B_{aq} = \left(\sum_u \sum_v e^{2\pi i \frac{a}{q} uv}\right)^3; \quad \psi(z) = \int_0^P \int_0^P e^{2\pi i z t^n w^n} dt\, dw,$$

после несложных вычислений найдем:

$$S_\alpha^3 = \left(\frac{\psi(z)}{P^2}\right)^3 B_{aq} + O(X^6 qzP^{2n-1} + X^6 qP^{-1}).$$

3. При тех же α, придавая C_{aq} значение леммы C и полагая

$$T_\alpha = \sum_{m=0}^{(4p)^2} e^{2\pi i \alpha m^n}; \qquad \rho(z) = \int_0^{16p^2} e^{2\pi i z t^n} dt;$$

$$I = P^2 \text{ при } |z| \leqq P^{-2n}; \quad I = |z|^{-\frac{1}{n}} \text{ при } |z| > P^{-2n},$$

будем иметь, применяя аналогичную подстановку и пользуясь леммой E

$$T_\alpha^{4n} = \left[\rho(z)\right]^{4n} C_{aq} + O\left(I^{4n-1} q^{-3+\frac{1}{n}}\right).$$

4. Пусть теперь N_0 целое $> (4P_0)^{2n}$; N целое,

$$P = \left[\frac{1}{4} N_0^{\frac{1}{2n}} + 1\right], \text{ так что } N_0 = 4^{2n} P^{2n} + O(P^{2n-1})$$

$$N_0 - N_0 P^{-1.5} < N \leqq N_0; \qquad \Phi(z) = \left(\frac{\psi(z)}{P^2}\right)^3 \left[\rho(z)\right]^{4n} e^{-2\pi i z N_0}.$$

Тогда легко найдем:

$$S_\alpha^3 T_\alpha^{4n} e^{-2\pi i \alpha N} = \Phi(z) B_{aq} C_{aq} e^{-2\pi i \frac{a}{q} N} + O(I^{4n} X^6 q^{-3} [|z| P^{2n-1} + P^{-1}]).$$

5. Для каждого α найдутся целые взаимно простые a и q такие, что

$$\alpha = \frac{a}{q} + \frac{\theta}{q\tau}; \qquad 1 < q < \tau; \qquad \tau = 2n 4^{n-1} P^{2n-1}.$$

Мы рассмотрим часть интеграла

$$I_N = \int_0^1 S_\alpha^3 T_\alpha^{4n} e^{-2\pi i \alpha N} d\alpha,$$

распространенную на те части интервала интегрирования, для которых

$$\alpha = \frac{a}{q} + z; \qquad (a, q) = 1; \qquad 1 \leqq q \leqq P; \qquad -\tau^{-1} \leqq z \leqq \tau^{-1}.$$

Легко видеть, что эти интервалы друг на друга не налегают и заключают в себе аналогичные интервалы, но с $|z| < (q\tau)^{-1}$.

Ввиду пункта 4, указанная часть интеграла I_N легко приводится к виду:

$$Q \sum_{q=1}^{P} \sum_{a} B_{aq} C_{aq} e^{-2\pi i \frac{a}{q} N} + O(X^6 P^{6n-1}); \qquad Q = \int_{-\tau^{-1}}^{\tau^{-1}} \Phi(z)\, dz.$$

6. Теперь оценим часть интеграла I_N, распространенную на оставшиеся интегралы. Здесь имеем $P < q \leqq 2n 16^{n-1} P^{2n-1}$.

Но согласно лемме B будем иметь:

$$S_\alpha \leqslant \sqrt{P^{2n}\left(\frac{P^n}{q} + 1\right)\left(P^n + q \lg q\right)} \leqslant P^{2n - \frac{1}{2} + \varepsilon}.$$

Поэтому, модуль рассматриваемой части I_N будет порядка

$$P^{8n} P^{2n - \frac{1}{2} + \varepsilon} \int_0^1 \sum_{u_1} \sum_{v_1} \sum_{u} \sum_{v} e^{2\pi i (u_1 v_1 - uv)\alpha} d_\alpha \leqslant X^2 P^{10n - \frac{1}{2} + \varepsilon_1} =$$

$$= X^6 P^{6n} \left(\frac{P}{X}\right)^4 P^{-\frac{1}{2} + \varepsilon_1} \leqslant (\text{пункт } 1) \leqslant X^6 P^{6n - 4me^{-1} - \frac{1}{2} + \varepsilon_1}.$$

7. Собирая все доказанное имеем:

$$I_N = Q \sum_{q=1}^{P} \sum_{a} B_{aq} C_{aq} e^{-2\pi i \frac{a}{q} N} + O\left(X^6 P^{6n}\left(P^{-1} + P^{4me^{-h} - \frac{1}{2} + \varepsilon_1}\right)\right).$$

8. Чтобы оценить Q, просуммируем равенство пункта 7 на все

$$N_0 - N_0 P^{-1.5} < N \leqq N_0.$$

Результат суммирования левых частей очевидно равен числу решений неравенства

$$N_1 = N_0 P^{-1.5} < M \leqq N_1; \quad N_1 = N_0 - u_1 v_1 - u_2 v_2 u_3 v_3; \qquad [2]$$
$$M = m_1^n + m_2^n + \ldots + m_{4n}^n.$$

Замечая, что

$$2^{2n} P^{2n} < N_1 < 4^{2n} P^{2n}$$

и применяя лемму D, убедимся, что число решений неравенства [2] при условии, что N_1 постоянное, будет:

$$C_4 N_1^3 N_0 P^{-1.5} + O(P^{8n-2}); \quad C_4 > 0.$$

Отсюда легко найдем, что общее число решений неравенства [2] будет:

$$C_5 X^6 P^{6n} N_0 P^{-1.5} + O(X^6 P^{8n-2}); \quad C_5 > 0.$$

9. Результат суммирования правой части равенства пункта 7 дает:

$$QX^6 N_0 P^{-1,5} + O\left(N_0 P^{-1.5} X^6 P^{6n+4ne^{-h}-\frac{1}{2}+\varepsilon_1}\right).$$

Приравнивая это найденному в пункте 8, найдем:

$$Q = C_5 P^{6n} + O\left(P^{6n+4ne^{-h}-\frac{1}{2}+\varepsilon_1}\right).$$

10. Равенство пункта 7 принимает вид:

$$I_N = C_5 P^{6n} \sum_{q=1}^{P} \sum_{a} B_{aq} C_{aq} e^{-2\pi i \frac{a}{q} N} + O\left(X^6 P^{6n+4ne^{-h}-\frac{1}{2}+\varepsilon_1}\right).$$

Сумму, стоящую в первом члене правой части, можно переписать так:

$$R = \sum_{N_2} \sum_{q=1}^{P} \sum_{a} C_{aq} e^{-2\pi i \frac{a}{q} N_2}; \qquad N_2 = N - u_1 v_1 - u_2 v_2 - u_3 v_3.$$

Согласно лемме C часть этой суммы, отвечающая данному N_2, равна: $b + O(P^{-2})$; $b > c_1$. Следовательно, $R = b_1 X^6 + O(X^6 P^{-2})$; $b_1 > c_1$.

Замечая это, найдем:

$$I_N = P^{6n} X^6 \left(b_2 + O\left(P^{4ne^{-h}-\frac{1}{2}+\varepsilon}\right)\right); \qquad b_2 > c_5 c_1.$$

Выберем теперь h из условия $4ne^{-h} < \frac{1}{2}$. Для этого достаточно взять $h = \lg n + 2.1$

Тогда при всех достаточно больших N будет $I_N > 0$, а потому N представится суммою

$$3k^2 + 4n < 3(n \lg n + 2.1n + 1)^2 + 4n < 32 (n \lg n)^2$$

полных n-ых степеней.

Физико-математический институт Академии Наук им. В. А. Стеклова. Ленинград

Поступило 16 V 1934.

MATHEMATICS

A NEW SOLUTION OF WARING'S PROBLEM

By I. VINOGRADOW, Member of the Academy

The author gives in the present paper a new method of solving Waring's problem. This method is constructed without using Weyl's approximations and gives a much better result for the number $G(n)$ of nth powers required to represent a given integer from a certain point onwards.

The best result known till now was discovered by Hardy and Littlewood in 1919. This result is as follows:

$$G(n) \leqq (n-2)\, 2^{n-1} + 5,$$

or

$$G(n) < (n-2)\, 2^{n-2} + n^2 \lg 2 + n + 5.$$

Here I obtain the following result:

$$G(n) < 32 (n \lg n)^2.$$

The method of the present paper is applied by the author to many other problems of the theory of numbers, and the solution of Waring's problem is given here as an example. Other results will be published shortly.

V. Stekloff Physico-Mathematical Institute of the Academy of Sciences. Leningrad.

Received 16.V.1934.

МАТЕМАТИКА

Н. С. КОШЛЯКОВ

член-корреспондент Академии Наук

О НЕКОТОРЫХ ТОЖДЕСТВАХ В АНАЛИТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ ЧИСЕЛ

В работе „On an Extension of Some Ramanujan's Formulae", печатающейся в настоящее время в „Proceedings of the London Mathematical Society", я показал, каким образом ряд замечательных тождеств Ramanujan'a распространяется на разложения, зависящие от числовой функции $\tau(n)$ (число делителей n).

В настоящем сообщении я показываю то же самое для одного обширного класса арифметических функций, исследованных мною в работе „Note on a Sum-Formula and its Application" (C. R. de l'Acad. d. Sci. de l'URSS, 1929).

Пусть $a_\nu(n)$ обозначает числовую функцию, удовлетворяющую условию:

$$|a_\nu(n)| = O(n^{\nu+\xi}), \quad -\frac{1}{2} < \nu < \frac{1}{2}, \tag{1}$$

где через ξ обозначено произвольное сколь угодно малое число, и пусть $\varphi_\nu(s)$ обозначает функцию комплексной переменной $s = \tau + it$, представляемой для всех значений $\tau > \nu + 1$ абсолютно сходящимся рядом Дирихле:

$$\varphi_\nu(s) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{a_\nu(n)}{n^s}. \tag{2}$$

Одновременно с $\varphi_\nu(s)$ рассмотрим функцию $\psi_\nu(s)$, разлагающуюся для всех значений $\tau = \beta_0 > \nu + 1$ в абсолютно сходящийся ряд Дирихле

$$\psi_\nu(s) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{b_\nu(n)}{n^s} \tag{3}$$

и связанную с $\varphi_\nu(s)$ функциональным уравнением:

$$A^s \Gamma\left(\frac{s+\nu}{2}\right) \Gamma\left(\frac{s-\nu}{2}\right) \varphi_\nu(s) = A^{1-s} \Gamma\left(\frac{1-s+\nu}{2}\right) \Gamma\left(\frac{1-s-\nu}{2}\right) \psi_\nu(1-s), \tag{4}$$

где A обозначает постоянное число.

Покажем, что функции $\sigma_\nu(z)$ и $\tau_\nu(z)$, определяемые бесконечными рядами:

$$\sigma_\nu(z) = \frac{2}{A\pi} \sum_{n=1}^{\infty} b_\nu(n) \left\{ \varepsilon^{\nu} K_{2\nu}\left(\frac{4\varepsilon\sqrt{nz}}{A}\right) + \varepsilon^{-\nu} K_{2\nu}\left(\frac{4\bar{\varepsilon}\sqrt{nz}}{A}\right) \right\}, \tag{5}$$

$$\tau_\nu(z) = \frac{2}{A\pi} \sum_{n=1}^{\infty} a_\nu(n) \left\{ \varepsilon^{\nu} K_{2\nu}\left(\frac{4\varepsilon\sqrt{nz}}{A}\right) + \varepsilon^{-\nu} K_{2\nu}\left(\frac{4\bar{\varepsilon}\sqrt{nz}}{A}\right) \right\}, \tag{6}$$

где $\varepsilon = e^{\frac{\pi i}{4}}$, $\bar{\varepsilon} = e^{-\frac{\pi i}{4}}$, а $K_\mu(x)$ обозначает функцию Макдональда, обладают многими замечательными свойствами, аналогичными свойствам функции

$$\frac{1}{e^{2\pi i z} - 1}.$$

1-е свойство. Функции $\sigma_\nu(z)$ и $\tau_\nu(z)$ разлагаются на рациональные дроби по формулам ($\nu \neq 0$):

$$\sigma_\nu(x) = -\frac{\varphi_\nu(\nu)}{\pi} x^{\nu-1} + \frac{\psi_\nu(\nu)\,\Gamma(2\nu)}{\pi}\left(\frac{2}{A}\right)^{1-2\nu} x^{-\nu} +$$

$$+ \frac{\psi_\nu(-\nu)\,\Gamma(-2\nu)\cos\pi\nu}{\pi}\left(\frac{2}{A}\right)^{1+2\nu} x^{\nu} + \frac{x^{\nu+1}}{\pi}\sum_{n=1}^{\infty}\frac{a_\nu(n)}{n^\nu}\frac{1}{x^2+n^2}, \qquad [7]$$

$$\tau_\nu(x) = -\frac{\psi_\nu(\nu)}{\pi} x^{\nu-1} + \frac{\varphi_\nu(\nu)\,\Gamma(2\nu)}{\pi}\left(\frac{2}{A}\right)^{1-2\nu} x^{-\nu} +$$

$$+ \frac{\varphi_\nu(-\nu)\,\Gamma(-2\nu)\cos\pi\nu}{\pi}\left(\frac{2}{A}\right)^{1+2\nu} x^{\nu} + \frac{x^{\nu+1}}{\pi}\sum_{n=1}^{\infty}\frac{b_\nu(n)}{n^\nu}\frac{1}{x^2+n^2}. \qquad [8]$$

2-е свойство. Имеет место следующая формула преобразования ($\nu \neq 0$):

$$\sqrt{\rho}\left\{\frac{\Gamma(\nu)\,\varphi_\nu(\nu)\,A^\nu}{\rho^{1-\nu}} + \frac{\Gamma(-\nu)\,\varphi_\nu(-\nu)\,A^{-\nu}}{\rho^{1+\nu}} - \frac{2}{\rho}\sum_{n=1}^{\infty} a_\nu(n)\,K_\nu\left(\frac{2n}{A\rho}\right)\right\} =$$

$$= \sqrt{\frac{1}{\rho}}\left\{\frac{\Gamma(\nu)\,\psi_\nu(\nu)\,A^\nu}{\rho^{\nu-1}} + \right.$$

$$\left. + \frac{\Gamma(-\nu)\,\psi_\nu(-\nu)\,A^{-\nu}}{\rho^{-\nu-1}} - 2\rho\sum_{1=n}^{\infty} b_\nu(n)\,K_\nu\left(\frac{2n\rho}{A}\right)\right\}, \quad \rho > 0. \qquad [9]$$

3-е свойство. Если $R(s) < \nu$, то

$$\varphi_\nu(s) = 2\sin\frac{\pi}{2}(s-\nu)\int_0^\infty \frac{\sigma_\nu(x)}{x^s}\,dx;\quad \psi_\nu(s) = 2\sin\frac{\pi}{2}(s-\nu)\int_0^\infty \frac{\tau_\nu(x)}{x^s}\,ds. \qquad [10]$$

4-ое свойство. Если $a > 0$, то имеют место формулы, аналогичные классическому интегралу Лежандра:

$$\int_0^\infty J_{2\nu}\left(\frac{4}{A}\sqrt{ax}\right)\left\{\sigma_\nu(x) + \frac{\varphi_\nu(\nu)}{\pi}x^{\nu-1}\right\}dx = \frac{A}{2}\left\{\tau_\nu(a) + \frac{\psi_\nu(\nu)}{\pi}a^{\nu-1}\right\}, \qquad [11]$$

$$\int^\infty J_{2\nu}\left(\frac{4}{A}\sqrt{ax}\left\{\tau_\nu(x) + \frac{\psi_\nu(\nu)}{\pi}x^{\nu-1}\right\}dx = \frac{A}{2}\left\{\sigma_\nu(a) + \frac{\varphi_\nu(\nu)}{\pi}a^{\nu-1}\right\}, \qquad [12]$$

где через $J_\mu(x)$ обозначена функция Бесселя.

5-е свойство. Если $ab = \frac{4}{A^2}$, то справедливо равенство:

$$\sqrt{a^3}\int_0^\infty xJ_\nu(ax)\left\{\sigma_\nu(x) + \frac{\varphi_\nu(\nu)}{\pi}x^{\nu-1}\right\}dx = \sqrt{b^3}\int_0^\infty xJ_\nu(bx)\left\{\tau_\nu(x) + \frac{\psi_\nu(\nu)}{\pi}x^{\nu-1}\right\}dx, \qquad [13]$$

аналогичное тождеству Ramanujan'a.

6-е свойство. Если $ab=\frac{4}{A^2}$ и

$$\varphi(a)=\int_0^\infty \frac{e^{-\frac{i\nu\pi}{4}}J_\nu(\varepsilon a\sqrt{x})+e^{\frac{i\nu\pi}{4}}J_\nu(\varepsilon a\sqrt{x})}{2}\sigma_\nu(\sqrt{x})\,dx-\frac{A^{2\nu-1}\Gamma\left(\nu+\frac{1}{2}\right)\psi_\nu(\nu)}{\pi\sqrt{\pi}}\left(\frac{2}{a}\right)^{\nu-2}\sin\frac{\nu\pi}{2},$$

$$\psi(a)=\int_0^\infty \frac{e^{-\frac{i\nu\pi}{4}}J_\nu(\varepsilon a\sqrt{x})-e^{\frac{i\nu\pi}{4}}J_\nu(\varepsilon a\sqrt{x})}{2i}\sigma_\nu(\sqrt{x})\,dx-\frac{A^{2\nu-1}\Gamma\left(\nu+\frac{1}{2}\right)\psi_\nu(\nu)}{\pi\sqrt{\pi}}\left(\frac{2}{a}\right)^{\nu-2}\cos\frac{\nu\pi}{2},$$

$$\omega(a)=\int_0^\infty \frac{e^{-\frac{i\nu\pi}{4}}J_\nu(\varepsilon a\sqrt{x})+e^{\frac{i\nu\pi}{4}}J_\nu(\varepsilon a\sqrt{x})}{2}\tau_\nu(\sqrt{x})\,dx-\frac{A^{2\nu-1}\Gamma\left(\nu+\frac{1}{2}\right)\varphi_\nu(\nu)}{\pi\sqrt{\pi}}\left(\frac{2}{a}\right)^{\nu-2}\sin\frac{\nu\pi}{2},$$

$$\chi(a)=\int_0^\infty \frac{e^{-\frac{i\nu\pi}{4}}J_\nu(\varepsilon a\sqrt{x})-e^{-\frac{i\nu\pi}{4}}J_\nu(\varepsilon a\sqrt{x})}{2i}\tau_\nu(\sqrt{x})\,dx-\frac{A^{2\nu-1}\Gamma\left(\nu+\frac{1}{2}\right)\varphi_\nu(\nu)}{\pi\sqrt{\pi}}\left(\frac{2}{a}\right)^{\nu-2}\cos\frac{\nu\pi}{2},$$

то имеют место равенства:

$$\psi(a)-\varphi(a)=\sqrt{\frac{2b^3}{a^3}}\left\{\cos\frac{\nu\pi}{2}\,\omega(b)-\sin\frac{\nu\pi}{2}\,\chi(b)\right\}, \qquad [14]$$

$$\psi(a)+\varphi(a)=\sqrt{\frac{2b^3}{a^3}}\left\{\cos\frac{\nu\pi}{2}\,\chi(b)+\sin\frac{\nu\pi}{2}\,\omega(b)\right\}, \qquad [15]$$

аналогичные формулам Ramanujan'a.

7-е свойство. Если m обозначает целое положительное число, то справедлива следующая формула, аналогичная тождеству Ramanujan'a ($\nu\neq 0$):

$$\sum_{n=1}^{\infty} a_\nu(n)\,n^{4m-2\nu+1}\sigma_\nu(n)=\psi_\nu(\nu)\,\varphi_\nu(3\nu-4m-1)\frac{\Gamma(2\nu)}{\pi}\left(\frac{2}{A}\right)^{1-2\nu}+$$
$$+\psi_\nu(-\nu)\,\varphi_\nu(\nu-4m-1)\frac{\cos\pi\nu\,\Gamma(-2\nu)}{\pi}\left(\frac{2}{A}\right)^{1-2\nu}; \qquad [16]$$

если же $m=0$, то

$$\sum_{n=1}^{\infty}\frac{a_\nu(n)}{n^{2\nu-1}}\sigma_\nu(n)=\psi_\nu(\nu)\,\varphi_\nu(3\nu-1)\frac{\Gamma(2\nu)}{\pi}\left(\frac{2}{A}\right)^{1-2\nu}+$$
$$+\psi_\nu(-\nu)\,\varphi_\nu(\nu-1)\frac{\cos\pi\nu\,\Gamma(1-2\nu)}{\pi}\left(\frac{2}{A}\right)^{1-2\nu}-\frac{\varphi_\nu^2(\nu)}{2\pi}. \qquad [17]$$

Аналогичные формулы имеют место и для суммы

$$\sum_{n=1}^{\infty} b_\nu(n)\,n^{4m-2\nu+1}\tau_\nu(n).$$

В частном случае, когда

$$a_\nu(n) = b_\nu(n) = \frac{\sum_{ab=n} d^{2\nu}}{n^\nu}, \quad \nu \neq 0,$$

функции $\varphi_\nu(s)$ и $\psi_\nu(s)$ выражаются через риманову функцию $\zeta(s)$, а именно

$$\varphi_\nu(s) = \psi_\nu(s) = \zeta(s+\nu)\,\zeta(s-\nu), \quad A = \frac{1}{\pi}.$$

В настоящей заметке я ограничиваюсь лишь формулировкой указанных свойств функций $\sigma_\nu(z)$ и $\tau_\nu(z)$. Подробное их доказательство будет дано в другом месте; в следующей же заметке я покажу, каким образом изложенная здесь теория распространяется на случай квадратичного поля.

Физико-математический институт
Академии Наук им. В. А. Стеклова.
Ленинград.

Поступило
17 IV 1934.

MATHEMATICS

SOME IDENTITIES IN THE ANALYTICAL THEORY OF NUMBERS

By N. KOŠLIAKOV (N. KOSHLIAKOV)

Corresponding Member of the Academy

We consider two analytic functions [2] and [3] satisfying the condition [4]. Together with the functions $\varphi(s)$ and $\psi(s)$, we consider the functions [5] and [6], where $K_\nu(x)$ is Macdonald's function. The class of functions $\sigma_\nu(z)$ and $\tau_\nu(z)$ has some common properties, the study of which is the aim of the present paper. For example, we have the formula [13], which is analogous to the remarkable Ramanujan's formula.

V. Stekloff Physico-Mathematical Institute
of the Academy of Sciences. Leningrad.

Received
17. IV. 1934.

ГИДРОДИНАМИКА

Л. С. ЛЕЙБЕНЗОН

член-корреспондент Академии Наук

ТЕОРИЯ ДВИЖЕНИЯ ЖИВОЙ НЕФТИ В ПЛАСТЕ

§ 1. Принято, что естественный газ частично растворен в нефти, частично находится в ней в виде мелких пузырьков, размеры которых очень незначительны в сравнении с порами между зернами песка в пласте.

Пусть:

q — вес единицы объема нефти,
ρ — вес единицы объема газа давления,
γ — вес единицы объема смеси,
ζ — объемное — газовый фактор,
ρ_a — вес единицы объема газа при нормальном давлении,
p_a — нормальное давление,
p — гидродинамическое давление,
p_0 — первоначальное давление в пласте,
η — весовой газовый фактор отдельно для пузырьков газа.

Мы принимаем, что

$$\eta = \eta_0 + \varepsilon (p_0 - p)^2, \qquad [1]$$

$$\eta = \zeta \frac{\rho_a}{q}. \qquad [2]$$

Здесь η_a есть значение η для $p = p_a$.

Уравнение изменения состояния газа есть: $\frac{p}{\rho} = \beta$. [3]

Уравнение объемов есть: $\frac{1+\eta}{\gamma} = \frac{1}{q} + \frac{\eta}{\rho}$. [4]

Уравнения движения живой нефти суть:

$$\gamma u = -k \frac{\partial \varphi}{\partial x}, \quad \gamma v = -k \frac{\partial \varphi}{\partial y}, \quad \gamma w = -k \frac{\partial \varphi}{\partial z}, \qquad [5]$$

$$\varphi (p) = \int \gamma dp + \text{const}. \qquad [6]$$

Здесь:

1) k есть коэффициент фильтрации (высчитанный) из формулы Слихтера, Коцени и др.

2) u, v, w суть проекции скорости частиц на оси координат.

Уравнение непрерывности есть (m = пористость):

$$\frac{\partial}{\partial x}(\gamma u) + \frac{\partial}{\partial y}(\gamma v) + \frac{\partial}{\partial z}(\gamma w) + m \frac{\partial \gamma}{\partial t} = 0. \qquad [7]$$

Подстановка [5] в [7] дает нам основное уравнение:

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} = 0, \qquad [8]$$

причем мы ограничиваемся случаем установившегося движения, при котором

$$\frac{\partial \gamma}{\partial t} = 0. \qquad [9]$$

Вычисление дает нам:

$$\left.\begin{aligned} \beta\varphi(p) = \frac{1}{2}(p_0 - p)^2 + (D - p_0)(p_0 - p) + \frac{A}{2\varepsilon} \log[(p_0 - p)^2 - D(p_0 - p) + D_1] + \\ + \frac{AD - 2B}{2\varepsilon\sqrt{\Delta}} \operatorname{arc\,tg}\left[\frac{2(p_0 - p) - D}{2\sqrt{\Delta}}\right] + \text{const}. \end{aligned}\right\} \qquad [10]$$

Здесь:

$$\left.\begin{aligned} A = 1 - 2p_0\varepsilon D + \varepsilon D^2, \quad B = D\eta_0 + p_0(1 - p_0\varepsilon D + \varepsilon D^2), \\ D = \frac{1}{\beta q \varepsilon}, \quad D_1 = \frac{\eta_0}{\varepsilon} + p_0 D, \quad \Delta = D_1 - \frac{1}{4} D^2. \end{aligned}\right\} \qquad [11]$$

§ 2. Из [8] мы имеем для установившегося радиального течения в пласте следующее уравнение:

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = \frac{d^2 \varphi}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{d\varphi}{dr} = 0, \qquad [12]$$

r — расстояние от оси скважины.

Интегрируя [12], мы получаем: $\varphi = C_1 + C_2 \log r$, [13] ($\log$ — есть натуральный логарифм).

Здесь C_1 и C_2 есть постоянные величины.

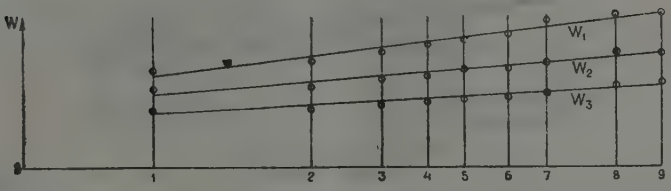
Если мы нанесем $\log r$ на ось абсцисс и функцию $\varphi(p)$ на ось ординат, то, согласно уравнению [13], получится прямая линия.

Для следующего вычисления мы примем:

$$\eta_0 = \frac{1}{2}\eta_a, \quad \zeta = \frac{p_0}{2p_a}, \quad \frac{\rho_a}{q} = 0.001, \quad p_a = 15 \text{ lbs}. \qquad [14]$$

Затем мы получаем из [10]:

$$\left.\begin{aligned}\frac{\beta}{p_0^2}\varphi(p) = \frac{1}{2}\left(1-\frac{p}{p_0}\right)^2 + 3\left(1-\frac{p}{p_0}\right) + \\ + 2000\left(\frac{p_a}{p_0}\right)\left[1+0.002\left(\frac{p_0}{p_a}\right)\right]\log\left[2+2\left(\frac{p}{p_0}\right)+\left(\frac{p}{p_0}\right)^2\right] - \\ - 4000\left(\frac{p_a}{p_0}\right)\operatorname{arc\,tg}\left(1+\frac{p}{p_0}\right) + \text{const.}\end{aligned}\right\} \quad [15]$$



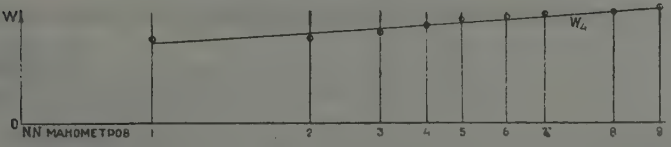
Фиг. 1 — Fig. 1.

§ 3. Проф. Лестер Юрен из Калифорнийского университета произвел несколько специальных опытов, результаты первой серии которых опубликованы в „Международной нефтяной технологии“ за 1932 г. (апрель).

Мы обработали эти наблюдения следующим образом.

1. Установившееся движение живой нефти:

1) $P_0 =$ 400 лондонских фунтов/кв. дм.
2) $P_0 =$ 600 „ „
3) $P_0 =$ 1000 „ „



Фиг. 2. — Fig. 2.

Основываясь на [15], значения $W = \frac{\beta}{p_0^2}\varphi(p)$ [16] высчитаны для каждой из трех кривых, данных проф. Лестером Юреном, соответственно давлениям p, которые даются в диаграмме 10 в его работе.

На оси абсцисс нанесены логарифмы расстояния манометров от оси скважины, и значения W_1, W_2, W_3 нанесены на оси ординат.

Точки, полученные таким образом, лежат почти точно на трех прямых линиях (фиг. 1).

2. Неустановившееся движение живой нефти: $p_0 = 600$ англ. фунт./кв. дм.

Исходя из (10), значения W_4 высчитаны как предыдущие для каждой из пяти кривых, данных проф. Лестером Юрен, и полученные таким образом точки также образуют прямую линию (фиг. 2).

§ 4. Проф. В. Клауд сделал несколько опытов, результаты которых опубликованы в Petroleum Development за 1930 г. (апрель).

Мы обработали эти наблюдения следующим образом.

Установившееся движение живой нефти имеет место в цилиндрической трубе при первоначальном давлении

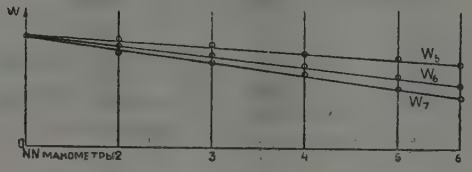
$$P_0 = 265 \frac{\text{англ. фунт.}}{\text{кв. дм.}} \text{ (абсолютное).}$$

Произведя вычисления как в предыдущем случае, мы получаем значения W_5, W_6, W_7 из [16] для противодавления:

$$p_b = 185 \frac{\text{англ. фунт.}}{\text{кв. дм.}} \text{ (абсолютная величина)}$$

$$p_b = 105 \quad n$$

$$p_b = 15 \quad n$$



Фиг. 3. — Fig. 3.

Полученные в результате точки лежат точно на трех прямых линиях (фиг. 3).

Следовательно наша теория вполне подтверждается опытами Л. Юрена и В. Клауда.

§ 5. Законы прямой линии суммарной добычи. Если Q есть суммарная добыча скважин в момент времени t, а p есть давление в пласте вблизи скважины, то мы получаем закон:

$$Q = C_1 p + C_2,$$

где C_1 и C_2 суть константы данной скважины и питающего ее пласта.

Поступило
27 IV 1934.

HYDRODYNAMICS

THE THEORY OF THE MOVEMENT OF LIVE OIL IN THE LAYER

By L. LEIBENSON

Corresponding Member of the Academy

§ 1. It is assumed that natural gas is partly dissolved in petroleum, partly exists in the form of tiny bubbles whose size is very insignificant in comparison with the pores between the grains of sand in the layer.

Let

q be weight of unit volume of petroleum,
ρ — weight of unit volume of gas pressure p,
γ — weight of unit volume of the mixture,
ζ — gas oil ratio by volume,
ρ_a — weight of unit volume of gas at normal pressure,
p_a — normal pressure,
p — hydrodynamic pressure,
p_0 — original pressure in the layer,
η — gas oil ratio by weight for the gas bubbles separately.

We assume that:

$$\eta = \eta_0 + \varepsilon (p_0 - p)^2, \qquad [1]$$

$$\eta = \zeta \frac{\rho_a}{q}. \qquad [2]$$

Here η_a is the value of η for $p = p_a$.

The equation of change of the state of gas is: $\frac{p}{\rho} = \beta$. [3]

The equation of volumes is: $\frac{1+\eta}{\gamma} = \frac{1}{q} + \frac{\eta}{\rho}$. [4]

The equations of the movement of live oil are:

$$\gamma u = -k \frac{\partial \varphi}{\partial x}, \quad \gamma v = -k \frac{\partial \varphi}{\partial y}, \quad \gamma w = -k \frac{\partial \varphi}{\partial z}, \qquad [5]$$

$$\varphi(p) = \int \gamma dp + \text{const.} \qquad [6]$$

Here:

1) k is the coefficient of filtration calculated from the formulae of Shlichter, Kozeny, and others.

2) u, v, w are the projections of the velocity of filtration along the axis of the coordinates.

The equation of continuity is (m being porosity):

$$\frac{\partial}{\partial x}(\gamma u) + \frac{\partial}{\partial y}(\gamma v) + \frac{\partial}{\partial z}(\gamma w) + m \frac{\partial \gamma}{\partial t} = 0. \qquad [7]$$

A substitution of [5] in [7] gives us a fundamental equation:

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} = 0. \qquad [8]$$

Here, for steady motion we have: $\frac{\partial \gamma}{\partial t} = 0$. [9]

The calculation gives us:

$$\left.\begin{aligned} \beta\varphi(p) = \frac{1}{2}(p_0 - p)^2 + (D - p_0)(p_0 - p) + \frac{A}{2\varepsilon} \log[(p_0 - p)^2 - D(p_0 + p) + D_1] + \\ + \frac{AD - 2B}{2\varepsilon\sqrt{\Delta}} \operatorname{arc\,tg}\left[\frac{2(p_0 - p) - D}{2\sqrt{\Delta}}\right] + \text{const.} \end{aligned}\right\} \qquad [10]$$

Here: $A = 1 - 2p_0\varepsilon D + \varepsilon D^2$, $B = D\eta_0 + p_0(1 - p_0\varepsilon D + \varepsilon D^2)$, $D = \frac{1}{\beta q E}$,

$$D_1 = \frac{\eta_0}{\varepsilon} + p_0 D, \quad \Delta = D_1 - \left(\frac{D}{2}\right)^2. \qquad [11]$$

§ 2. From formula [8] we have for a steady radial flow in the layer the following equation: $\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = \frac{d^2 \varphi}{dr^2} + \frac{1}{r}\frac{d\varphi}{dr} = 0$, [12] r being the distance from the axis of the well.

Integrating [12], we obtain: $\varphi = C_1 + C_2 \log r$, [13] (log being a natural logarithm).

Here C_1 and C_2 are constants.

If we plot $\log r$ along the axis of abscissae and function $\varphi(p)$ along the axis of ordinates according to equation [13], a straight line will result.

For the calculation given below we assume:

$$\eta_0 = \frac{1}{2}\eta_a, \quad \zeta = \frac{p_0}{2p_a}, \quad \frac{\rho_a}{q} = 0.001, \quad p_a = 15 \text{ lbs.} \qquad [14]$$

Then we obtain from [10]:

$$\left.\begin{aligned}\frac{\beta}{p_0^2}\varphi(p) = \frac{1}{2}\left(1-\frac{p}{p_0}\right)^2 + 3\left(1-\frac{p}{p_0}\right) + \\ + 2000\left(\frac{p_a}{p_0}\right)\left[1+0.002\left(\frac{p_0}{p_a}\right)\right]\cdot\log\left[2+2\left(\frac{p}{p_0}\right)+\left(\frac{p}{p_0}\right)^2\right] - \\ - 4000\left(\frac{p_a}{p_0}\right)\operatorname{arctg}\left(1+\frac{p}{p_0}\right) + \text{const.}\end{aligned}\right\} \quad [15]$$

§ 3. Prof. Lester Uren of the Californian University has made some special experiments; the results of the first series are published in 'The International Petroleum Technology', 1932, April.

We have worked up these observations in the following way:

1. Steady flow of live oil: 1) $p_0 = 400$ lbs, 2) $p_0 = 600$ lbs, 3) $p_0 = 1000$ lbs.

On the basis of [15] the values of $W = \frac{\beta}{p_0^2}\varphi(p)$ [16] are calculated for each of the 3 curves given by Prof. L. Uren, according to the pressures p, which are given in his work in diagram 10.

Along the axis of abscissae are plotted the logarithms of the distance of the gauges from the axis of the well and values of W:

$$W_1,\ W_2,\ W_3$$

are plotted along the axis of ordinates. The points thus obtained lie almost exactly along three straight lines (fig. 1, p. 347).

2. Unsteady flow of live oil: $p_0 = 600$ lbs.

On the basis of [10] the values W_4 are reckoned as above for each of the 5 curves given by Prof. L. Uren, and the thus obtained points likewise form a straight line (fig. 2, p. 347).

§ 4. Prof. W. Cloud has made some experiments, the results of which are published in the 'Petroleum Development', 1930.

We have worked up these observations in the following way. Steady flow of live oil takes place in a cylindrical tube, the original pressure p_0 being equal to 265 lbs.

Calculating as above, we obtain the values W_5 W_6 W_7 from [16] for the back pressure: $p_b = 185$ lbs, $p_b = 105$ lbs, $p_b = 15$ lbs.

The points thus obtained lie almost exactly along 3 straight lines (fig. 3, p. 348).

Consequently our theory has been completely corroborated by Prof. L. Uren's and Prof. W. Cloud's experiments.

§ 5. The law of the straight line of total production. Let Q be the total production of the well at the moment t, let p be the pressure in the layer near the well; then we obtain the following law:

$$Q = C_1 p + C_2,$$

where C_1 and C_2 are the constants of the given well and of the layer by which it is fed.

Received
27.IV.1934.

ФИЗИКА

Академик **В. Ф. МИТКЕВИЧ**

О НЕКОТОРЫХ ОСНОВНЫХ ПОЛОЖЕНИЯХ, ОТНОСЯЩИХСЯ К ОБЛАСТИ ФИЗИКИ *

В своих предыдущих докладах — „Основные воззрения современной физики“ и „О «физическом» действии на расстоянии“ ** — я сделал попытку подвергнуть анализу, с самой общей точки зрения, содержание главнейших физических представлений и, в частности, особо остановился на условиях, необходимых для осуществления какого бы то ни было физического взаимодействия. Само собой разумеется, что ввиду чрезвычайной обширности затронутой мною темы не могло быть и речи о том, чтобы достаточно обстоятельно, явным образом, охватить все, что имеет для современной физики несомненно актуальное значение. В связи с этим, в настоящем докладе я предполагаю несколько развить и дополнить сказанное мною раньше, сосредоточив внимание на ряде положений, внутренне объединенных между собою и представляющихся мне первоочередными.

Учитывая наличие серьезных разногласий касательно многих основных положений, относящихся к области физики, а также возникающие на этой почве недоразумения и поводы для взаимного непонимания, я стремлюсь надлежащей, более или менее отчетливой формулировкой, по крайней мере, некоторых принципиальных установок, наметить такой путь логических умозаключений, который в общем был бы приемлем в качестве соответствующего вероятной природе вещей.

Выдвигаемые мною положения представлены в виде серии вопросов, соподчиненных до известной степени и построенных, как мне кажется, таким образом, что на них можно ответить только „да“ или „нет“, при исключенном третьем. Содержание каждого из вопросов, в совокупности с ответом „нет“, следует рассматривать как вполне определенное положение. В случае ответа „да“, хотя бы на один из вопросов, некоторые из них теряют всякий смысл. Впереди идут вопросы, которые могут показаться очень примитивными и просто самоочевидными, но я полагаю, однако, что они весьма полезны и даже необходимы в качестве вводных, наводящих вопросов. С чисто формальной точки зрения, два первых вопроса не имеют решительно никакого отношения к области физики.

Итак, переходим к вопросам:

Вопрос 1-й. Можно ли разложить специфические качества художественного изваяния (например, какого-либо произведения Микель-Анджело) на элементарные свойства частиц мрамора, из которого это изваяние выполнено?

Вопрос 2-й. Правдоподобно ли предположение, что специфические качества какого-либо сложного механизма (например, точных астрономических часов или аэроплана), принадлежащие ему как некоторому целому, могут быть сведены к простой сумме элементарных свойств отдельных механических деталей, из которых состоит данный сложный механизм?

Вопрос 3-й. Соответствует ли вероятной природе вещей предположение, что какая-либо простейшая совокупность, состоящая из двух

* Доложено в Общем собрании АН СССР 28 IV 1934.

** Сборник „Карлу Марксу Академия Наук СССР“, стр. 221, и ИМЕН, 1933, № 10, стр. 1391. См. также дополнение в ИМЕН, 1934, № 1, стр. 192.

входящих в нее физических реальностей * (например, комбинация протона и электрона, являющаяся атомом водорода, или комбинация атома водорода и атома хлора, образующая молекулу соляной кислоты и т. п., или же, наконец, совокупность любых двух объектов одного и того же рода, вообще), обладает только такими качественными характеристиками, которые могут быть рассматриваемы как простая сумма элементарных свойств отдельных слагаемых?

Вопрос 4-й. Соответствует ли вероятной природе вещей предположение, что какая бы то ни было совокупность, состоящая из произвольного количества входящих в нее дискретных физических реальностей, обладает только такими качественными характеристиками, которые могут быть рассматриваемы как простая сумма некоторых свойств отдельных слагаемых?

Вопрос 5-й. Можно ли утверждать, что существует такой физический процесс, иными словами, такое движение в общефилософском смысле слова (применительно к области физических явлений), в состав которого не включается какое бы то ни было механическое движение, понимаемое как пространственное перемещение некоторой физической реальности, соответствующей рассматриваемому процессу, или ее частей?

Вопрос 6-й. Соответствует ли вероятной природе вещей утверждение, что какой-либо физический процесс (например, электромагнитное поле или тепловой процесс и т. п.) обладает, как целое, только такими качественными характеристиками, которые могут быть сведены к простой сумме некоторых свойств, принадлежащих элементарным механическим движениям, имманентно связанным с данным физическим процессом, т. е. обязательно заключающимся в нем?

Вопрос 7-й. Соответствует ли вероятной природе вещей утверждение, что какой-либо сложный физический процесс обладает, как целое, только такими качественными характеристиками, которые могут быть сведены к простой сумме специфических свойств дискретных физических процессов, входящих в состав данного сложного процесса?

Вопрос 8-й. Правдоподобно ли предположение, что в некотором физическом процессе, как таковом, могут иметь место какие бы то ни было изменения количественного или качественного характера при полном отсутствии соответствующих изменений в элементарных механических движениях, имманентно связанных с данным физическим процессом?

Вопрос 9-й. Могут ли какие-либо два физических процесса взаимодействовать друг с другом так, чтобы при этом не имело места также и какое бы то ни было соответствующее взаимодействие между теми элементарными механическими движениями, которые имманентно связаны с каждым из данных физических процессов в отдельности?

Вопрос 10-й. Может ли наше заключение по предыдущему вопросу 9-му измениться в связи с тем, что вместо двух мы рассматриваем сколь угодно большое число дискретных физических процессов, как-то взаимодействующих между собою?

---

* Физическою реальностью называется объективная реальность, которая участвует в некотором физическом явлении в качестве носителя свойств, обнаруживаемых в этом явлении. См. Миткевич, „Основные воззрения современной физики", сборник „Карлу Марксу Академия Наук СССР", стр. 226, и введение к 8-му изданию курса „Физические основы электротехники", стр. 14.

Вопрос 11-й. Могут ли случайность и необходимость в области физических процессов, вообще, трактоваться совершенно независимо от случайности и необходимости в отношении тех элементарных механических движений, которые имманентно связаны со всеми без исключения физическими процессами?

Вопрос 12-й. Могут ли случайность и необходимость в области физических процессов трактоваться вне всякой связи с механическим принципом причинности?

Вопрос 13-й. Можно ли, признавая механический принцип причинности и единство мира, допустить в области физических процессов существование таких рядов причинных связей, которые были бы абсолютно независимы друг от друга?

Вопрос 14-й. Можно ли, признавая механический принцип причинности, допустить в области физических процессов объективную реальность абсолютной случайности, понимаемой как событие, абсолютно не подчиненное какой бы то ни было причинной связи с другими событиями, среди которых оно возникает?

Вопрос 15-й. Есть ли основание принципиально отрицать, что в области физических процессов, кроме прямой необходимости, может иметь место только относительная случайность, понимаемая как событие, неизбежно возникающее в результате соответственного комплекса перекрещивающихся рядов причинных связей (причем это событие происходит всякий раз, когда указанные перекрещивания удовлетворяют надлежащим пространственно-временным условиям)?

Вопрос 16-й. Можно ли отрицать, что различные группы относительных случайностей, в области физических процессов, характеризуются свойственными им закономерностями и соответствующими специфическими качествами?

Вопрос 17-й Можно ли, вообще, отрицать объективную реальность относительной случайности в области физических процессов?

Совокупность ответов „нет“ на все 17 вопросов обязывает нас принять вполне конкретную схему основных положений, в общем, по моему мнению, соответствующих тому, что действительно происходит, по всей вероятности, в области физических явлений. Ясно, конечно, что некоторые из этих положений, по существу, выходят далеко за пределы физики, как таковой, имеют прямое отношение ко всем сторонам мироздания в целом (включая явления биологические, психические, социальные и т. д.) и вместе с тем предрешают ряд дальнейших выводов.

В заключение я считаю необходимым высказать предположение, что многие болезненные блуждания современной физической мысли (а, быть может, это относится и не только к физической мысли) должны сами собой устраниться в случае, если бы было признано наиболее правильным на все сформулированные мною вопросы ответить безоговорочным „нет“.

Поступило
13 V 1934.

ON SOME FUNDAMENTAL STATEMENTS RELATING TO THE DOMAIN OF PHYSICS *

By V. TH. MITKEVIČ (MITKEVITCH), Member of the Academy

In my preceding papers — 'The Fundamental Conceptions of Modern Physics' and 'On «Physical» Action at a Distance' ** — I made an attempt to analyse the principal physical conceptions from a most general standpoint, and dwelt in particular upon the conditions necessary for the realization of any mutual physical action whatever. It goes without saying that, in view of the extreme extensiveness of the subject touched upon, to embrace explicitly and with sufficient completeness all that is of undoubted actual importance for the present-day physics, was out of the question. In this connexion I propose to somewhat develop and supplement what has been said by me before, focussing in the present paper upon a series of internally connected statements, which are, to my mind, of primary importance.

Taking into consideration that there are serious discrepancies with regard to many general conceptions relating to the domain of physics, and that misinterpretations and mutual misunderstandings are liable thus to arise, I am endeavouring, by an appropriate and more or less precise wording of at least some of the fundamental statements, to develop such a line of logical reasoning as would correspond to the probable nature of things.

The propositions advanced by me are expressed in the form of a series of questions interdependent to a certain extent and framed, it seems to me, so, that they can be answered only by 'Yes' or 'No', the third being excluded. Each of the questions, together with the answer 'No', should be considered a quite explicit statement. In case of the answer 'Yes' to at least one of the questions, some of them become quite meaningless. The questions that go first may seem very primitive and self-evident. I am of the opinion, however, that they are most useful and even necessary as introductury, leading questions. From a purely formal point of view, the first two questions bear no relation whatsoever to physics.

Let us now proceed to the questions:

Question 1. Is it possible to resolve the specific qualities of a sculpture (some work of Michelangelo, for instance) into the elementary properties of the particles of the marble of which the given sculpture is fashioned?

Question 2. Is there any reason to suppose that the specific properties of some composite mechanism (an astronomical clockwork of precision or an airplane, for instance), inherent in it as in a whole, may be reduced to a simple sum of the elementary properties of the individual mechanical details of which the given composite mechanism consists?

Question 3. Does the probable nature of things justify the supposition that a simple combination consisting of two physical realities *** (for

* Read at the general meeting of the USSR Academy of Sciences on April 28, 1934.

** 'The USSR Academy of Sciences to Karl Marx', a symposium, p. 221, and BAS-MN, 1933, No 10, p. 391; see also appendix in BAS-MN, 1934, No 1, p. 192.

*** A physical reality is an objective reality which takes part in some physical phenomenon as a carrier of properties manifested in that phenomenon. See Mitkevič (Mitkevitch), 'The Fundamental Conceptions of Modern Physics' in 'The USSR Academy of Sciences to Karl Marx', a symposium, p. 286, and the introduction to the 3rd edition of 'The Physical Principles of Electrical Engineering', p. 14.

instance, a combination of a proton and an electron constituting a hydrogen atom, or a combination of a hydrogen atom and a chlorine atom forming a molecule of hydrochloric acid, etc., or, finally, a combination of any two objects of one and the same class in general) possesses only such qualitative characteristics as may be considered to be a simple sum of the elementary properties of the individual components?

Question 4. Does the probable nature of things justify the supposition that any combination whatever consisting of an arbitrary number of discrete physical realities possesses only such qualitative characteristics as may be considered to be a simple sum of certain properties of the individual components?

Question 5. Is one justified in asserting that there exists such a physical process, i. e. such a motion in the philosophical sense of the word (with respect to the domain of physical phenomena) as does not include any mechanical motion whatever, the latter being understood as a continuous displacement of a certain physical reality corresponding to the process under consideration, or of the parts of this reality?

Question 6. Does the probable nature of things justify the assertion that some physical process (for instance, electromagnetic field or thermal process, etc.) has, as a whole, only such qualitative characteristics as may be reduced to a simple sum of any properties belonging to the elementary mechanical motions immanently connected with the process, i. e. inherent in it?

Question 7. Does the probable nature of things justify the assertion that some composite physical process has, as a whole, only such qualitative characteristics as may be reduced to a simple sum of the specific properties of the discrete physical processes inherent in the composite process under consideration?

Question 8. Is it probable that any quantitative or qualitative changes may take place in some physical process, as such, without any corresponding changes of the elementary mechanical motions immanently connected with the physical process under consideration?

Question 9. Can two physical processes exert any mutual action so, that no corresponding mutual action between the elementary mechanical motions, immanently connected with each of the individual physical processes under consideration, would take place at the same time?

Question 10. Will our conclusion with regard to Question 9 change, if instead of two we consider any great number of discrete physical processes which exert mutual action in any way whatever?

Question 11. Can chance and necessity in the domain of physical processes, in general, be considered quite independently of chance and necessity in relation to the elementary mechanical motions immanently connected with all the physical processes without exception?

Question 12. Is it possible to consider chance and necessity in the domain of physical processes quite independently of the mechanical principle of causality?

Question 13. Is it possible, while admitting the mechanical principle of causality and the unity of the world, to consider likely the existence, in the domain of physical processes, of such chains of causal connexions as would be absolutely independent of each other?

Question 14. Is it possible, while admitting the mechanical principle of causality, to consider likely the objective reality of an absolute chance in the domain of physical processes, i. e. of a chance understood as an event absolutely free of any causal connexion with other events, among which it arises?

Question 15. Are there any reasons to deny that in the domain of physical processes, besides a direct necessity, there may occur only a relative chance, the latter being understood as an event which inevitably results from a corresponding complex of interlinking chains of causal connexions (every time when such a complex satisfies certain spatio-temporal conditions)?

Question 16. Are there any reasons to deny that different groups of relative chances in the domain of physical processes manifest peculiar quantitative regularity and corresponding specific qualities?

Question 17. Is it possible, generally speaking, to deny the objective reality of a relative chance in the domain of physical processes?

The fact of having answered 'No' to all the 17 questions obliges us to adopt a quite definite system of fundamental statements corresponding on the whole, in my opinion, to what actually takes place, by all probability, in the domain of physical phenomena. It is obvious, of course, that some of these statements reach far beyond the domain of physics as such, bear a direct relation to all the aspects of the universe as a whole (including biological, psychical, social, and other phenomena), and at the same time predetermine a number of further deductions.

In conclusion, I wish to advance the supposition that many of the painful perplexities of the modern physical thought (and probably it refers not only to the physical thought) would be automatically removed, if it were agreed that the right answer to all the questions set forth above is an unreserved 'No'.

Received
13. V. 1934.

ФИЗИКА

А. КРАСИН

О ВЛИЯНИИ ОСВЕЩЕНИЯ НА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПОТЕРИ В РЕНТГЕНИЗИРОВАННОЙ КАМЕННОЙ СОЛИ

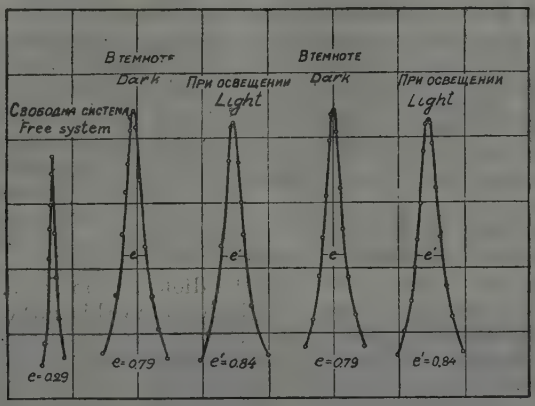
(*Представлено академиком С. И. Вавиловым 18 IV 1934*)

Как известно, освещение сильно увеличивает электропроводность многих электронных полупроводников (так называемых фото-проводников). Существование диэлектрических потерь, согласно теории Синельникова и Вальтера (1), может быть объяснено особыми свойствами проводимости диэлектриков (поляризация). Поэтому можно думать, что увеличение проводимости полупроводников приведет к увеличению диэлектрических потерь. Известно, что каменная соль, окрашенная действием X-лучей, есть типичный фото-проводник и что освещение сильно увеличивает ее проводимость.

Предположение о том, что увеличение проводимости рентгенизированного NaCl посредством освещения приведет к увеличению диэлектрических потерь, было подвергнуто экспериментальной проверке в настоящей работе.

П. Л. Бейли (2) показал, что диэлектрические потери в NaCl не меняются при окрашивании X-лучами. Но в своей работе этот автор исследует действие резонансного колебания так сказать „свободных" атомов натрия и совсем не учитывает особых условий освещения образца.

Наши опыты были проведены по видоизмененному методу Друде-Кулиджа, предложенному Кессенихом и Водопьяновым (3), при длине волны $\lambda = 255$ см. Кристалл NaCl (в виде пластинки толщиной



$l = 20$ cm, $x = 83.9$ cm, $\lambda = 252$ cm, $\delta = 16'$, $\delta' = 18'9''$, $\frac{\delta'}{\delta} = 1.134$.

в 8 мм) был сильно окрашен X-лучами. При измерениях исследуемый образец освещался интенсивным светом обыкновенной 50-ваттовой электрической лампочки. После каждого измерения при освещении, производились измерения в темноте. Оказывается, что освещение увеличивает угол потерь больше, чем на 12 процентов.

Исследования обыкновенного (белого) NaCl при этих условиях освещения не дали никаких следов положительных результатов.

Кривые на фигуре типичны для наших результатов; e — ширина резонансных кривых на половине высоты без освещения, e' — при освещении.

При помощи этих величин вычисляются углы потерь δ и δ'. Отношение $\frac{\delta'}{\delta}$ равно 1.15. Из фигуры видно, что кривые при освещении несколько ниже, чем кривые без освещения. Подробный отчет об этих опытах будет дан в другом месте.

Тема настоящей работы была предложена проф. П. С. Тартаковским, которому я выражаю искреннюю благодарность.

Я благодарен также проф. Кессениху за его любезное разрешение произвести измерения с помощью его экспериментальных установок.

Сибирский физико-технический институт.
Томск.

Поступило
28 III 1934.

ON THE INFLUENCE OF ILLUMINATION ON DIELECTRIC LOSSES IN RÖNTGENIZED ROCK SALT

By A. KRASIN

(*Communicated by S. Wawilow, Member of the Academy, 18. IV. 1934*)

As is well known, illumination increases greatly the electrical conductivity of many electronic semiconductors (the so- called photoconductors). According to the theory of Sinelnikov and Walter (1), the existence of dielectric losses may be explained by some peculiar properties of conductivity of dielectrics (polarization). Therefore, one may think that the increase of the conductivity of semiconductors will lead to the increase of the dielectric losses. It is known that rock salt coloured by the action of X-rays is a typical photoconductor and that its conductivity is increased by illumination to a great extent. The assumption that the increase of conductivity of röntgenized NaCl by the action of light leads to the increase of the dielectric losses was subjected to experimental verification in the present work. P. L. Bayley (2) has shown that the dielectric losses in NaCl do not change with colouring by X-rays. But in his work this author investigates the effect of the resonance vibration of, so to say, 'free' atoms of Na and does not use peculiar conditions of illumination of the sample at all.

Our experiments were carried out according to a modification of the Drude-Coolidge method proposed by Kessenich and Vodopjanov (3), the wave length λ being equal to 255 cm. The NaCl-crystal (in the form of a plate 2 mm thick) was intensely coloured by X-rays. During the measurements the sample was illuminated with the intense light of an ordinary 50-watt electric lamp. After each measurement during illumination, a measurement in the darkness was made. It appears that illumination increases the angle of losses by over 12 per cent.

The investigation of the ordinary (white) NaCl under these conditions of illumination gives no trace of positive result.

The curves in the figure are typical of our results. e and e' are the widths at the half-height of the resonance curves without and with illumination.

From these values the angles of losses δ and δ' are calculated. The ratio $\frac{\delta'}{\delta}$ is 1.15. It is seen from the figure that curves with illumination are somewhat lower than those without it. A complete account of these experiments will be given in another place.

The work was suggested by Prof. P. Tartakovskij, to whom I wish to express my sincere thanks.

I am grateful to Prof. Kessenich for his kind permission to perform the measurements with his experimental arrangements.

Physico-Technical Institute or Siberia.
Tomsk.

Received
28. III. 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1 Труды физ.-техн. лаб. Ленингр. политехн. инст., № 5, 72 (1928). Trans. Phys.-Techn. Lab., Leningrad, No 5, 72 (1928). 2 Phys. Rev., 43, 355 (1933). 3 Журн. эксп. и теор. физики, 2, 273 (1932). Journ. of. Exp. and Theor. Phys., 2, 273 (1932).

ХИМИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

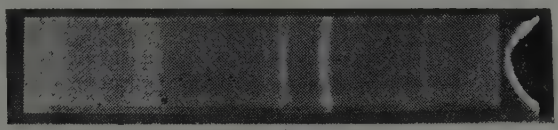
П. Д. ДАНКОВ и А. А. КОЧЕТКОВ

О ПРЕДЕЛЬНЫХ РАЗМЕРАХ ЧАСТИЦ КАТАЛИЗАТОРА

(Представлено академиком С. И. Вавиловым 10 IV 1934)

В работах одного из авторов настоящего исследования (1) отмечалась возможность существования максимума каталитической активности в области ультра-высокой степени дисперсности катализатора. Такая возможность находится в согласии с представлениями о катализе, как процессе, протекающем на кристаллографически оформленной поверхности, что будет только в случае таких размеров частиц катализатора, когда еще можно говорить о кристалле.

В настоящей работе нами произведена попытка установления области дисперсности катализатора, в которой имеется максимум каталитической активности.



Фиг. 1.—Fig. 1.

Для этого были приготовлены препараты платиновой черни по методу Фейлгена (2), видоизмененному только в отношении температурного режима: реакция восстановления платины проводилась при пониженной (до 0—5° С) температуре. Для одного из препаратов платины, сохранявшегося при комнатной температуре, мы приводим рентгенограмму (фиг. 1). Из ширины линий рентгенограммы по методу Дебая-Шеррера было найдено, что линейные размеры частиц этого препарата близки к 40 Å. Для препарата, изготовленного при пониженной температуре (ниже 5° С), была получена электронограмма, согласно которой размеры частиц определились в пределах 25—30 Å. При этом следует указать, что размеры, определенные рентгенографическим и электронографическим путем, соответствуют первичным кристалликам, а не аггрегатам кристалликов.

Препараты иной дисперсности готовились путем тепловой рекристаллизации исходного препарата, полученного при пониженной температуре.

Активность препаратов проверялась на примерах газовых реакций $2H_2 + O_2 = 2H_2O$ и $C_2H_4 + H_2 = C_2H_6$. Применявшаяся аппаратура представляла собой некоторое видоизменение аппаратуры, описанной в работе одного из авторов (1).

Активность некоторых препаратов определялась последовательно после выдержки исходного препарата в течение одного часа при разных температурах рекристаллизации. Таким образом, серия измерений активности для различных степеней дисперсности производилась с одним и тем же образцом. Результаты собраны в табл. 1 и 2.

Таблица 1

$t°$	5°	15°	35°	50°	75°
$\frac{\Delta p}{\Delta t}$	8	8.5	10	9.75	10

Реакция $2H_2 + O_2 = 2H_2O$; объем сосуда — 80 см³; вес препарата — 0.13 г; температура реакции — 0° С; исходное давление — 108 мм O_2 + 27 мм H_2 = 135 мм. $t°$ — температура рекристаллизации препарата; $\frac{\Delta p}{\Delta t}$ — скорость реакции в мм ртутного столба в минуту.

Таблица 2

$t°$	5°	25°	50°	76°	100°	125°	175°	270°
$\frac{\Delta p}{\Delta t}$	10.8	12.1	11.6	12.4	12.06	9.8	10.3	6.4

Реакция $C_2H_4 + H_2 = C_2H_6$; объем сосуда — 80 см³; вес препарата — 0.085 г; температура реакции — 0° С; исходное давление — 82.5 мм C_2H_4 + 82.5 мм H_2 = 163 мм. $t°$ — температура рекристаллизации препарата; $\frac{\Delta p}{\Delta t}$ — скорость реакции в мм ртутного столба в минуту.

Таблица 3

$t°$	5°	25°	50°	75°	100°	200°
l	38	44	48	53	56	165
$\frac{\Delta p}{\Delta t}$	8.6	11.6	9.8	8.6	8.3	4.5

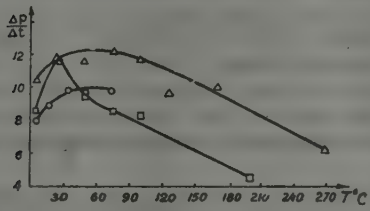
Реакция $C_2H_4 + H_2 = C_2H_6$; объем сосуда — 30 см³; приведенный вес препарата — 0.085 г; температура реакции — 0° С; исходное давление — 13 мм C_2H_4 + 13 мм H_2 = 26 мм. $t°$ — температура рекристаллизации; $\frac{\Delta p}{\Delta t}$ — скорость реакции в мм ртутного столба в минуту; l — размеры частиц в Å.

Кроме того, серия образцов предварительно выдерживалась при разных температурах в течение 3 часов, и затем каждый образец испытывался на активность. Результаты даны в табл. 3.

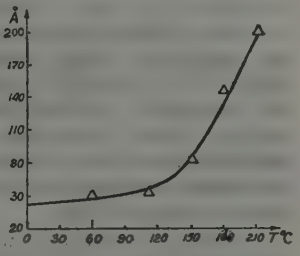
Согласно данным табл. 1, 2 и 3 получена графическая зависимость между активностью и температурой рекристаллизации образцов (фиг. 2).

Судя по данным табл. 1 и 2 и соответствующим диаграммам, область максимальной каталитической активности может быть отнесена к препаратам, рекристаллизованным приблизительно при 60° С.

Данные табл. 3 и кривой 3 сдвигают эту область к температуре рекристаллизации между 20 и 40° С. Это становится понятным, поскольку первые препараты (табл. 1 и 2) выдерживались не более одного часа при температуре рекристаллизации, тогда как образцы 3-й серии прогревались в течение трех часов. В настоящее время у нас не имеется данных о размерах частиц образцов, подвергнутых тепловой обработке. Однако, используя данные Леви и Гаардта ([3]), изучивших зависимость размеров частиц платиновой черни от температуры рекристаллизации,



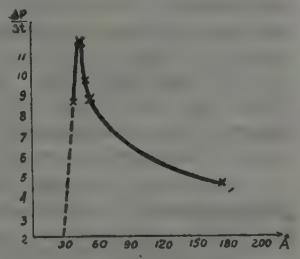
Фиг. 2. — Fig. 2.



Фиг. 3. — Fig. 3.

можно приближенно интерпретировать наши результаты в зависимости от размеров.

Учитывая наши данные о размерах частиц исходного препарата, можно попытаться при помощи диаграммы, построенной по данным Леви и Гаардта (фиг. 3), и выбранных нами температур рекристаллизации наших образцов сопоставить активность препаратов с графически определенными размерами частиц. Эти размеры помещены в табл. 3. По полученным данным можно построить диаграмму зависимости активности и размеров частиц (фиг. 4).



Фиг. 4. — Fig. 4.

Рассмотрение полученной зависимости показывает, что мы имеем дело с очень острым максимумом. Нужно думать, что максимум каталитической активности лежит в пределах от 40 до 50 Å. Хотя неточность рентгенографических измерений и использованной нами экстраполяции данных Леви и Гаардта не позволяет достаточно точно фиксировать его положение. Экстраполяция кривой (фиг. 4) до оси абсцисс дает возможность сделать заключение о размерах частиц, для которых нужно ожидать нулевого каталитического эффекта. Как видно эти размеры близки к 20 Å, что совпадает с данными Данкова ([1]) для каталитической активности никелевого слоя толщиной в 20 Å, для которого линейные размеры частиц не могли быть меньше толщины слоя. На ряду с этим следует отметить, что той же величиной характеризуют минимальные размеры устойчивого кристаллического тела, т. е. кристаллического зародыша. Настоящая работа продолжается, главным образом в отношении измерения размера частиц катализатора.

Физико-математический институт
Академии Наук им. В. А. Стеклова.
Ленинград.

Поступило
1 IV 1934.

CHEMICAL PHYSICS

ON LIMITING DIMENSIONS OF CATALYST PARTICLES

By N. DANKOV and A. KOČETKOV

(*Communicated by S. Wawilow, Member of the Academy, 10. IV. 1934*)

One of the authors of the present paper has already pointed out [1] the possibility of the existence of a maximum catalytic activity in the region of a super-high catalyst dispersity. Such a possibility accords with the conception of catalysis as a process taking place on a crystalline surface, which is possible only in case of such dimensions of the catalyst particles that allow of crystalline structure. In the present work we made an attempt to ascertain the degree of dispersity corresponding to a maximum catalitic activity.

For this purpose we used platinum black prepared according to Feulgen's method [2], modified only as far as temperature regimen went; the reaction of the reduction of platinum was carried out at a lowered temperature (to 0—5° C). The röntgenogram of one of the platinum samples kept at room temperature is reproduced above) fig. 1, p. 359). From the breadth of lines of the röntgenogram it was found by Debye-Scherrer's method that the linear dimensions of the particles of this sample were close upon 40 Å. For the platinum black prepared at a low temperature (below 5° C) an elektronogram was obtained according to which the dimensions of the particles were found to range from 25 to 30 A.

Attention is called to the fact that the dimensions determined röntgenographically and electronographically correspond to primary crystals and not to aggregates of cristals.

Samples of different dispersity were prepared by means of heat recrystallization of the initial sample obtained at a low temperature.

The activity of the samples was checked up on gas reactions: $2H_2 + O_2 = 2H_2O$ and $C_2H_4 + H_2 = C_2H_6$. The apparatus used in our experiment was a modification of that previously described by one of the present writers [1].

The activity of some samples was determined successively after allowing the initial sample to stand for one hour at different temperatures of recrystallization. Thus, a series of activity determinations for different degrees of dispersity were carried out with one and the same sample. The results are tabulated below (tables 1 and 2).

Furthermore, a series of samples was preliminarily allowed to stand for 3 hours at different temperatures, and then each sample was tested for its activity. The results are shown in table 3.

From the data of tables 1, 2, and 3 a graphical interdependence between the activity and the recrystallization temperature of the samples was obtained (fig. 2, p. 361).

To judge from tables 1 and 2 as well as from the corresponding diagrams, the maximum catalitic activity may be referred to samples recrystallized at about 60° C.

Table 1

$t°$	5°	15°	35°	50°	75°
$\frac{\Delta p}{\Delta t}$	8	8.5	10	9,75	10

Reaction — $2H_2 + O_2 = 2H_2O$; capacity of the vessel — 80 cm³; weight of the sample — — 0.13 g; reaction temperature — 0° C; initial pressure — 108 mm of O_2 + 27 mm of H_2 = 135 mm. $t°$ — recrystallization temperature; $\frac{\Delta p}{\Delta t}$ — rate of the reaction in mm of mercury column per minute.

Table 2

$t°$	5°	25°	50°	76°	100°	125°	178°	270°
$\frac{\Delta p}{\Delta t}$	10.8	12.1	11.6	12.4	12.06	9.8	10.3	6.4

Reaction — $C_2H_4 + H_2 = C_2H_6$; capacity of the vessel — 80 cm³; weight of the sample — 0.085 g; reaction temperature — 0° C; initial pressure — 82.5 mm of C_2H_4 + 82.5 mm of H_2 = 163 mm. $t°$ — recrystallization temperature; $\frac{\Delta p}{\Delta t}$ — rate of the reaction in mm of mercury column per minute.

Table 3

$t°$	5°	25°	50°	75°	100°	200°
l	38	44	48	53	56	165
$\frac{\Delta p}{\Delta t}$	8.6	11.6	9.8	8.6	8.3	4.5

Reaction — $C_2H_4 + H_2 = C_2H_6$; capacity of the vessel — 80 cm³; weight of the sample — 0.085 g; reaction temperature — 0° C; initial pressure — 13 mm of C_2H_4 + 13 mm of H_2 = 25 mm. $t°$ — recrystallization temperature; $\frac{\Delta p}{\Delta t}$ — rate of the reaction in mm of mercury column per minute; l — dimensions of particles in Å.

The data of table 3 and curve 3 shift this maximum over to a recrystallization temperature ranging from 20 to 40° C. This is easy to understand when attention is called to the fact that the first samples (tables 1 and 2) were allowed to stand at a recrystallization temperature not longer than for one hour, while the samples of the third series were heated for three hours.

Just now we have no data as to the dimensions of the particles of samples subjected to heat treatment. However, taking advantage of the findings of Levi and Haardt (1), who studied the dimensions of the particles of platinum black upon the recrystallization temperature, it is possible to give a rough interpretation of our results with regard to the dimensions of the particles.

Taking into consideration our data on the dimensions of the particles of the initial sample and availing oneself of the diagram constructed on the basis of Levi and Haardt's findings (fig. 3) and the recrystallization temperatures of our samples, it is possible to compare the activity of the samples with graphically represented dimensions of the particles. These dimensions are given in table 3. On the basis of the data obtained, it is possible to construct a diagram of the interdependence between the activity and the dimensions of the particles (fig. 4).

An examination of the obtained interdependence shows that we have to deal with a very sharp maximum. Although the inaccuracy of röntgenographic measurements and of our extrapolation of Levi and Haardt's findings does not permit us to fix its position with sufficient exactitude, it is to be believed that the maximum of catalytic activity lies between 40 and 50 Å. The extrapolation of the curve (fig. 4) down to the axis of abscissae makes it possible to draw a conclusion regarding the dimensions of the particles for which a zero catalytic effect is to be expected. As will be seen from the figure these dimensions are close to 20 Å, which accords well with Dankov's data (1) for the catalytic activity of a nickel layer 20 Å thick, the linear dimensions of whose particles could not have been less than the thickness of the layer. At the same time mention should de made of the fact that the same value is assigned to the minimum dimensions of a stable crystalline body, i. e. a crystalline germ. Further work on the subject is being done, chiefly with respect to the change of the dimensions of the particles of a catalyst.

V. Stekloff Physico-Mathematical
Institute of the Academy of Sciences.
Leningrad.

Received
1. IV. 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1 П. Данков. Журнал физич. химии, IV, 326 (1933). Там же дана литература. P. Dankov. Journal of Physical Chemistry, IV, 326 (1933). 2 Feulgen. Ber., 54, 360 (1921). 3 Levi e Haardt. Gazz. 56, 424, 1926.

ХИМИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

И. МОЧАН, С. РОГИНСКИЙ, Ф. ФЕДОРОВ и А. ШЕХТЕР

СИНТЕЗ АММИАКА УДАРОМ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ ИОНОВ

(Представлено академиком Н. Н. Семеновым 19 IV 1934)

В современных теориях скоростей химических реакций обычно существенная роль приписывается активации ударом быстрых частиц за счет их кинетической энергии.

В обычных кинетических условиях практически невозможно провести специальное исследование такого типа, а также и других возможных типов активации (например, активации колебательной энергией). Поэтому представляется интересным поставить опыты по влиянию искусственно созданных быстрых частиц на химические реакции. Ряд таких процессов исследован под действием электронного удара (1). Однако, эти данные нельзя непосредственно переносить на кинетику, ввиду сильно отличной массы частиц и ввиду присутствия у электронов электрического заряда. Лучшим приближением могут служить опыты с тяжелыми заряженными частицами.

До сих пор такого рода опыты были проведены только над диссоциацией молекулы H_2 и N_2 ударом положительных ионов (2). Поэтому, нам казалось интересным применить этот метод к более типичной химической реакции, в качестве каковой был выбран синтез аммиака из водорода и азота. Кроме чисто методических преимуществ этой системы, существенным является еще то обстоятельство, что имеются данные по обмену энергии ионов с каждой из компонент в отдельности (2). Кроме того, эта реакция очень подробно была исследована при электронном ударе и в электрическом разряде. Все это вместе давало основания надеятся на возможность более однозначного истолкования результатов.

Экспериментальная установка подробно будет описана в следующем, более обстоятельным сообщении. Здесь же мы ограничимся только некоторыми основными результатами.

Так же как и диссоциация двухатомных молекул, синтез аммиака становится заметным лишь начиная с некоторой критической скорости ионов. Так, например, для Li^+ это было 24—28 V, для Cs^+ — 126—128 V. Для каждого сорта ионов получаются особые критические потенциалы, причем потенциалы эти растут с атомным весом иона. На фигуре нанесены типичные кривые для различных ионов. На абсциссе отложено время в минутах, на ординате — давление, уменьшение которого (вследствие вымораживания аммиака) служило мерой скорости реакции. Различные участки кривых относятся к различным энергиям $+$-ионов, обозначенных (в вольтах) рядом с соответствующим отрезком.

Существенно определить, к какой из двух компонент (H_2 или N_2) относятся найденные потенциалы. Если рассчитать, принимая во внимание закон сохранения энергии и количества движения, какую энергию могли отдавать различные ионы при столкновениях молекулам H_2 и N_2, то оказывается, 1) что молекула водорода, ввиду ее малой массы, способна воспринять значительно меньше энергии, чем молекула N_2, и что даже максимально возможные воспринятые энергии не хватают даже для дис-

социации молекулы H_2; действительно, как показывают наиболее точные измерения с Cs^+-ионами, в этом случае молекула H_2 получает максимум 1.9 V; 2) относительные колебания количества энергии, могущей перейти к молекуле H_2, велики и имеют систематический ход.

В противоположность этому, количества энергии, могущие перейти к молекуле N_2, достаточно велики и, в пределах ошибок опыта, равны для различных сортов ионов (см. столбцы 3 и 4 таблицы).

Критические потенциалы возбуждения реакции различными ионами

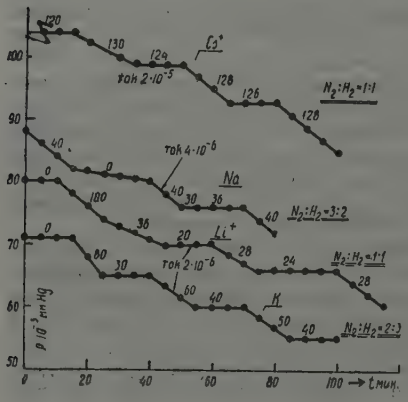
Ионы	Наблюденные критические потенциалы (в V)	Максимальная энергия, могущая перейти к молекуле N_2 при ионном ударе (вычисл.) в V	Максимальная энергия, могущая перейти к молекуле H_2 при ионном ударе (вычисл.) в V
Li^+	24— 28	19—22.5	5.3 —6.2
Na^+	36— 40	20—22	2.9 —3.2
K^+	40— 50	17—21	1.9 —2.4
Cs^+	126—128	22—22.5	1.87—1.89

Примечание. Данные для критического потенциала при ионах K^+ пока не могут быть указаны точнее из-за малого количества опытов.

И для этого случая тоже наиболее надежны данные для ионов Cs^+, дающие величину критического потенциала около 22 V.

Поэтому представляется естественным считать, что действие положительных ионов сводится к созданию некоторой активной формы азота, что находится в согласии и с опытами по синтезу аммиака при электронном ударе. Точнее определить, какова именно эта активная форма азота, нам пока еще не удалось.

Отметим здесь еще, что, в случае бомбардировки положительными ионами (а также и нейтральными частицами) смеси двух газов с различным молекулярным весом, возможна особая форма селективной активации более тяжелой компоненты, масса которой позволяет ей воспринять больше энергии при столкновении с ионом.



Для вычисления выхода на один ион, надо принять во внимание, что в оптимальных условиях из объема исчезало около 4 молекул на ион (вычислено по понижению давления). Так как при реакции $N_2 + 3H_2 = 2NH_3$ при вымораживании 2 образованных молекул NH_3 из объема должно исчезать 4 молекулы, то, очевидно, измеренному нами понижению давления соответствует выход 2 молекул NH_3

на один ион. Вероятно, это означает, что оба атома активированной молекулы N_2 идут на образование NH_3. Другими словами, реакция может протекать так, что каждый положительный ион участвует лишь в одном активирующем акте, но на некоторой стадии реакции второй атом отщепляется и тоже используется для образования NH_3.

Таким образом, впервые удалось осуществить химический синтез ударом тяжелой частицы.

Весьма поразительна резкость наблюдаемых при этом критических потенциалов начала реакции, которые при пересчете на передаваемую энергию при достаточно детальной съемке кривых $\frac{dp}{dt} = f(V)$ могут быть определены с точностью, превышающей 1 V. Также необходимо подчеркнуть весьма высокие выхода, достигающие предела, допустимого без развития цепей.

Более подробное изложение и разбор результатов будут опубликованы в ближайшее время.

Лаборатория химической физики
Физико-механического института.
Ленинград.

Поступило
29 III 1934.

CHEMISCHE PHYSIK

BILDUNG VON AMMONIAK DURCH STOSS POSITIVER IONEN

Von F. FEDOROV, I. MOČAN, S. ROGINSKIJ und A. SCHECHTER

(*Vorgelegt von N. Semenov, Mitglied der Akademie, d. 19. IV. 1934*)

In den modernen Theorien der Geschwindigkeiten der chemischen Reaktionen spielt die Aktivierung durch Zusammenstoss mit schnellen Teilchen auf Kosten der kinetischen Energie dieser letzteren gewöhnlich eine wesentliche Rolle. In den gewöhnlichen kinetischen Verhältnissen ist eine spezielle Untersuchung eines solchen Typus von Aktivierung, sowie auch anderer möglichen Typen (z. B. Aktivierung durch Schwingungsenergie) praktisch unmöglich. Daher sind Versuche mit der Einwirkung von künstlich geschaffenen schnellen Teilchen auf chemische Reaktionen von Interesse. Eine Reihe solcher Prozesse wurde für den Elektronenstoss untersucht (1). Doch darf man diese letzteren Daten nicht unmittelbar mit der Kinetik verbinden, wegen der stark verschiedenen Massen der Teilchen und wegen des Vorhandenseins einer elektrischen Ladung. Als eine bessere Annäherung können Versuche mit schweren geladenen Teilchen dienen.

Bisher liegen auf diesem Gebiet nur Versuche mit der Dissoziation von H_2 und N_2 beim Stoss positiver Alkali-Ionen vor (2). Darum schien es uns interessant, diese Methode auf eine typischere chemische Reaktion anzuwenden. Als solche wurde die Synthese von Ammoniak aus Wasserstoff und Stickstoff gewählt. Ausser den rein methodischen Vorteilen dieses Systems, war es noch wesentlich, dass schon Untersuchungen über den Energieaustausch der Ionen mit einer jeden von den einzelnen Komponenten vorliegen (3). Ausserdem wurde diese Reaktion sehr eingehend beim

Elektronenstoss und in elektrischen Entladungen studiert, — all das zusammen liess uns hoffen, eine eindeutigere Interpretation der Resultate geben zu können.

Der experimentelle Teil wird in einer weiteren ausführlicheren Mitteilung eingehend beschrieben werden. Hier werden wir einstweilen auf einige wesentliche Ergebnisse beschränken.

Ebenso wie die Dissoziation der zweiatomigen Molekeln wird die Ammoniaksynthese nur von einer kritischen Geschwindigkeit der Ionen an bemerkbar. Für Li^+ ist es, z. B., 24—28 V, für Cs^+ — 126—128 V. Man sieht, dass für jede Ionensorte die kritischen Potentiale verschieden sind, und zwar mit dem Atomgewicht des Ions zunehmen. Auf Abb. S. 366 sind typische Kurven für verschiedene Ionen dargestellt. Längs der Abszisse ist die Zeit in Minuten aufgetragen, längs der Ordinatenaxe — der Druck, dessen Abnahme (wegen Ausfrierens des NH_3) als Mass der Reaktionsgeschwindigkeit diente. Die verschiedenen Kurventeile gehören zu verschiedenen Ionenenergien, welche (in Volt) nebenan bezeichnet sind.

Es handelt sich jetzt darum zu untersuchen, auf welche der beiden Komponenten (H_2 oder N_2) sich die gefundenen kritischen Potentiale beziehen. Berechnet man die an das Molekül vom Ion beim Zusammenstoss abgegebene Energiemenge unter Berücksichtigung des Energie- und Impulssatzes, so stellt es sich heraus, dass: 1) das Wasserstoffmolekül, wegen seiner kleinen Masse, bedeutend weniger Energie aufzunehmen im Stande ist, als das N_2-Molekül, und die aufgenommenen Energiemengen sogar zur Dissoziation des H_2-Moleküls nicht ausreichen können, da das Molekül, wie es der empfindlichste Cs-Fall zeigt, hierbei höchstens 1.9 V aufnehmen kann; 2) die Schwankungen der auf das H_2-Molekül übertragbaren Energiemengen prozentuell gross sind und einen systematischen Gang zeigen. Im Gegensatz dazu sind die auf das N_2-Molekül übertragbaren Energiemengen gross genug und bis auf die Genauigkeit der Messungen hin gleich (s. Spalte 3 und 4 der Tabelle). Am zuverlässigsten sind auch für diesen Fall die Daten für Cs-Ionen, welche auf ein Potential von 22 V hinweisen.

Kritische Potentiale verschiedener Ionen bei Einsetzen der Reaktion

Ionen	Beobachtete krit. Potentiale in Volt	Maximaler Energiebetrag, der beim Ionenstoss an das N_2-Molekül abgegeben werden kann (berechnet) in Volt	Maximaler Energiebetrag, der beim Ionenstoss an das H_2-Molekül abgegeben werden kann (berechnet) in Volt
Li^+	24— 28	19—22.5	5.3 —6.2
Na^+	36— 40	20—22	2.9 —3.2
K^+	40— 50	17—21	1.9 —2.4
Cs^+	126—128	22—22.5	1.87—1.89

Anmerkung. Die Daten für die kritischen Potentiale der K^+-Ionen können wir noch nicht genauer angeben, da die Anzahl der durchgeführten Versuche dazu nicht ausreicht.

So scheint es denn natürlich anzunehmen, dass die Einwirkung der positiven Ionen sich auf die Erzeugung irgend einer aktiven Form des

Stickstoffs zurückführen lässt, was auch mit den Versuchen über Ammoniaksynthese durch Elektronenstoss im Einklang ist. Eine nähere Bestimmung dieser aktiven Form des N_2-Moleküls konnten wir aber noch nicht durchführen.

Es sei hier noch bemerkt, dass im Falle des Stosses positiver Ionen (oder auch neutraler Molekeln) gegen ein Gemisch von zwei Gasen mit verschiedenen Molekulargewichten, eine besondere Form einer selektiven Aktivierung der schwereren, durch ihre Masse zur Aufnahme grösserer Energiemengen befähigten Komponente möglich ist, in Gegensatz zum Elektronenstoss, bei welchem beide Komponenten die gleiche Energie erhalten.

Um die Ausbeute auf ein Ion zu ermitteln, muss man beachten, dass bei optimalen Verhältnissen aus dem Volumen ca. 4 Molekeln auf ein Ion verschwanden (nach der Druckabnahme berechnet). Da in der Reaktion $N_2 + 3H_2 = 2NH_3$ beim Ausfrieren von 2 gebildeten NH_3-Molekeln aus dem Gasvolumen 4 Molekeln verschwinden müssen, so entspricht die von uns gemessene Druckabnahme einer Ausbeute von $2NH_3$-Molekeln auf ein Ion. Wahrscheinlich hat das zu bedeuten, dass beide Atome des aktivierten N_2-Moleküls zur Ammoniakbildung verwendet werden. Mit anderen Worten: die NH_3-Bildung verläuft vermutlich so, dass das Alkali-Ion nur an einem Aktivierungsakt Teil nimmt, aber in irgend einem Stadium dieser Reaktion das zweite N-Atom sich abspaltet und ebenfalls zur NH_3-Bildung verbraucht wird.

Es ist, also, hier zum ersten Male gelungen eine chemische Synthese durch Stoss schwerer Teilchen zu verwirklichen.

Sehr beachtenswert ist die Schärfe der beobachteten kritischen Potentiale des Einsetzens der Reaktion, welche nach Umrechnung auf den übertragenen Energieanteil bei genügend ausführlicher Aufnahme der Kurven für $\frac{dp}{df} = f(V)$ mit einer Genauigkeit von mehr als bis auf 1 V bestimmt werden können. Es sei hier auch noch auf die sehr hohe Ausbeute hingewiesen, welche den ohne Kettenbildung zulässigen Grenzwert erreicht.

Eine eingehendere Beschreibung und Analyse der erhaltenen Resultate werden in nächster Zeit veröffentlicht werden.

Laboratorium für chemische Physik
der physikalisch-mechanische Hochschule.
Leningrad.

Eingegangen
d. 29. III. 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — LITERATUR

[1] Brett. Proc. Roy. Soc., **129**, 319 (1930). — Caress and Rideal. Proc. Roy. Soc., **120**, 370 (1928). [2] A. Leipunsky u. A. Schechter. Z. f. Phys., **59**, 857 (1930). — A. Schechter. Z. f. Phys., **75**, 671 (1932).

Н. С. ПЕТИНОВ

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ЗЕРНА ОРОШАЕМЫХ ПШЕНИЦ ЗАВОЛЖЬЯ

(Представлено академиком А. А. Рихтером 27 IV 1934)

В связи с грандиозным проектом орошения Заволжья перед Академией Наук поставлен целый ряд важнейших научных задач. Одной из них является углубленное изучение физиологических особенностей поливных растений, которое позволило бы к началу освоения орошаемых земель дать нашему социалистическому земледелию научно обоснованный материал для практического его применения.

В значительной части уже изучен вопрос повышения урожайности орошаемых пшениц. Что касается влияния полива на качества зерна пшениц, то здесь имеются только зачатки научной разработки; нужна упорная, неотложная работа научно-исследовательских учреждений по этому вопросу.

Лаборатория биохимии и физиологии растений АН с 1932 г. приступила к разрешению этой задачи. Уже из первых работ, проведенных нами в 1932 г. в полевых условиях Заволжья на Краснокутской опытно-селекционной станции (АССРНП), была выявлена определенная тенденция возможности регулирования процента белка сроками и высотою полива. Для проверки и более детального изучения опыт был повторен в 1933 г. в тех же условиях, но с большим размахом. Под наблюдение было взято шесть сортов яровых пшениц. Опытный участок — с правильным рельефом и каштановой почвой. Метод орошения — дождевание. Примененная схема орошения была следующая:

Таблица 1

№№ схем	Количество воды в м³ на га		
	Стеблевание	Колошение	Начало налива зерна
I	900	900	—
II	900	450	—
III	900	—	—
IV	900	—	450

Первый полив произведен 10 и 11 июня с 7—12 часов и с 15—20 часов по нормам и срокам, указанным в приведенной схеме. Второй полив был 17 июня в стадии колошения в те же часы. На месте работы были собраны листья пшениц в течение вегетационного периода для изучения азотистого обмена и зерна по мере развития и созревания, начиная от молочной спелости и кончая полной. В настоящей работе приводятся краткие данные, касающиеся химического состава зерен. Полные данные по всему опыту будут опубликованы дополнительно в специальной работе. Анализы зерен дали следующие результаты (см. табл. 2).

Из приведенной таблицы видно:

1. Поведение различных сортов пшениц при поливе неодинаково в одних случаях (№№ 0841, 2447 и 0189) наблюдается повышение процента

Таблица 2

Количество общего и белкового азота в зернах пшениц в процентах к сухому весу

Сорт	Общий азот			Белковый азот		
	Молочная спелость	Восковая спелость	Полная спелость	Молочная спелость	Восковая спелость	Полная спелость
Erythrosperm. № 0841						
Неполивная	2.40	2.60	2.68	1.97	2.27	2.25
Поливная по сх. I	2.72	2.83	2.95	2.31	2.70	2.77
„ II	2.65	2.81	2.86	2.48	2.67	2.75
„ III	2.38	2.43	2.49	2.0	2.32	2.37
„ IV	2.18	2.37	2.44	1.90	2.24	2.20
Caesium № 0111						
Неполивная	2.60	2.93	2.93	2.35	2.60	2.54
Поливная по сх. I	2.59	2.84	2.78	2.32	2.62	2.50
„ II	2.63	2.89	2.96	2.41	2.76	2.81
„ III	2.45	2.60	2.66	2.24	2.58	2.54
„ IV	2.37	2.46	2.54	2.15	2.17	2.11
Turcicum № 2447						
Неполивная	2.77	2.92	3.19	2.31	2.80	2.94
Поливная по сх. II	2.77	3.13	3.23	2.50	2.95	3.11
„ III	2.68	3.13	3.11	2.45	2.94	2.96
Melanopus № 069						
Неполивная	2.50	2.66	2.60	2.15	2.58	2.50
Поливная по сх. I	2.31	2.43	2.53	2.15	2.35	2.45
„ II	2.18	2.44	2.49	2.04	2.34	2.40
„ III	1.80	2.06	2.19	1.58	1.97	2.04
„ IV	1.82	2.05	2.16	1.54	1.87	2.06
Hordeiforme № 010						
Неполивная	2.16	2.59	2.80	1.93	2.49	2.60
Поливная по сх. I	2.24	2.70	2.66	2.01	2.48	2.53
„ II	2.44	2.79	2.78	2.18	2.50	2.64
„ III	2.33	2.48	2.49	2.00	2.37	2.34
„ IV	2.31	2.49	2.50	1.81	2.33	2.30
Hordeiforme № 0189						
Неполивная	2.39	2.70	2.78	2.22	2.44	2.51
Поливная по сх. II	2.40	2.72	2.78	2.16	2.56	2.62
„ III	2.37	2.72	2.77	2.07	2.50	2.55

белка при поливе, в других (№ 0111) имеется лишь частичное повышение и в третьих (№ 069), наоборот, процент белка снижается. Наилучшим сортом в данных условиях оказался сорт № 0841 и наихудшим № 069.

2. В пределах каждого сорта пшениц регулирование сроков и числа поливов (применение различных схем орошения) оказали различное влияние на содержание процента белка в зерне. Лучший эффект почти во всех случаях дали схемы орошения I и II, т. е. с двумя поливами при втором поливе в стадии колошения, хуже (для сортов №№ 0841, 0111, 2447 и 0189) дала схема III и определенно отрицательный результат дала схема IV при запоздалом втором поливе в стадии начала налива зерна.

3. В условиях применения одного полива (схема III) незначительное повышение процента белка в зерне наблюдается у сортов (за исключением № 0189) ранне-спелых (№№ 0841 и 2447), т. е. когда первый полив захватил более позднюю стадию развития пшениц.

4. По мере созревания пшениц в одних случаях наблюдается процентное увеличение как общего, так и белкового азота, а в других количество общего и белкового азота при полной спелости несколько снижается в сравнении с восковой спелостью.

Выводы

1. Распространенное в литературе мнение о снижении качества зерен поливных пшениц нашими данными опровергается. Регулированием сроков и количества полива можно добиться повышения содержания белка в зерне пшеницы при одновременном повышении урожая и натуры.

2. Необходимо прежде всего обратить внимание на сортовые особенности пшениц в условиях полива. Надо выбрать такие сорта, которые на ряду с большей урожайностью давали бы наилучшее качество зерна.

3. При установлении гидромодуля надо, главным образом, учитывать сроки и число поливов. По нашему мнению, основанному на данных 2-летней работы в полевых условиях, первый полив не следует давать раньше стеблевания. Его надо проводить в период стеблевания. Второй полив следует давать в стадии полного колошения. Запоздалый второй полив также вредно отражается на качестве зерна, как и первый полив в ранней стадии (до стеблевания). Поливы следует приурочить к сравнительно короткому промежутку времени от стадии стеблевания до конца колошения. Один полив не дает положительных результатов как по увеличению урожайности, так и по улучшению качества зерна.

4. Возможно, что при дальнейшем изучении применения поливов выявится преимущество других схем орошения.

Применение орошения в комбинации с удобрениями также может дать более приемлемые и удовлетворяющие нашим требованиям результаты. В этом направлении работа ЛАБИФР АН будет продолжена и в настоящем году на Ершовском участке ВИОЗХ, где сосредоточит свою работу комплексная бригада АН совместно с бригадой ВИОЗХ.

Физиологическая бригада
Лаборатории биохимии и физиологии растений
Академии Наук. Ленинград.

Поступило
27 IV 1934.

GRAIN QUALITY CONTROL OF IRRIGATED WHEATS OF THE TRANSVOLGA AREAS

By. N. PETINOV

(Communicated by A. Richter, Member of the Academy, 27. IV. 1934)

In connection with the enormous plan of the irrigation of the Transvolga areas the Academy of Sciences has raised a number of most important scientific problems. One of these is an exhaustive study of the physiological peculiarities of irrigated plants with a view to supplying our socialist agriculture with scientific data by the time the new irrigated areas are ready for cultivation. The problem of raising the yield of irrigated wheats has already been considerably studied, but research work on the influence of irrigation on the quality of the grain of the wheats is only just beginning. Scientific research institutions must immediately commence serious work along this line.

The Laboratory of Biochemistry and Plant Physiology of the Academy of Sciences has been engaged in the investigations of this problem since 1932. The first experiments which we made in 1932 in field conditions at the Krasnokutsk Experimental Selecting Station in the Transvolga area pointed definitely to the possibility of controlling the percentage of protein by regulating the irrigation. To check the results obtained and to further the research, we repeated the experiment in 1933 in the same conditions, but on a larger scale. Six varieties of spring wheat were studied. The experimental plot was of a regular topography and had a chestnut soil. Spraying was the method of irrigation used. The schedule of irrigation was as follows:

Table 1

Schedule №№	Quantity of water in m³ per hectare		
	Shooting	Earring	Milk ripeness
I	900	900	—
II	900	450	—
III	900	—	—
IV	900	—	450

The first irrigation was effected on June 10 and 11 from 7 to 12 a. m. and from 3 to 8 p. m., according to the quantities and stages indicated above. The second irrigation in the earring stage took place on June 17 at the same time of day. The leaves of the wheat were collected during the vegetation period for the study of nitrogen metabolism. The grain was also collected during the period of its development from the milk ripe stage till full maturity. In the present paper we give brief data on the chemical composition of the grains. Full data of the whole experiment will be published later in a special monograph.

Analyses of the grains showed the following results (see table 2).

The above table shows:

1. The reaction of different varieties of wheat to watering is different: in some cases (№№ 0841, 2447, and № 0189) there is an increase in the

Table 2

Quantity of total nitrogen aud protein nitrogen in the wheat grains expressed in percentage of the dry weight

Variety	Total nitrogen			Protein nitrogen		
	Milk ripeness	Yellow ripeness	Full ripeness	Milk ripeness	Yellow ripeness	Full ripeness
Erythrosperm. № 0841.						
Unirrigated	2.40	2.60	2.68	1 97	2.27	2.25
Irrigated, Sch. I . . .	2.72	2.83	2.95	2.31	2.70	2.77
„ II . . .	2.65	2.81	2.86	2.43	2.67	2.75
„ III . . .	2.38	2.43	2.49	2.0	2.32	2.37
„ IV . . .	2.18	2.37	2.44	1.90	2.24	2.20
Caesium № 0111						
Unirrigated	2.60	2.93	2.93	2.35	2.60	2.54
Irrigated, Sch. I . . .	2.59	2.84	2.78	2.32	2.62	2.50
„ II . . .	2.63	2.89	2.96	2.41	2.76	2.81
„ III . . .	2.45	2.60	2.66	2.24	2.58	2.54
„ IV . . .	2.37	2.46	2.54	2.15	2.17	2.11
Turcicum № 2447						
Unirrigated	2.77	2.92	3.19	2.31	2.80	2.94
Irrigated, Sch. II . . .	2.77	3.13	3.23	2.50	2.95	3.11
„ III . . .	2.68	3.13	3.11	2.45	2.94	2 96
Melanopus № 069						
Unirrigated	2.50	2.66	2.60	2.15	2.58	2.50
Irrigated, Sch. I . . .	2.31	2.43	2.53	2.15	2.35	2.45
„ II . . .	2.18	2.44	2.49	2.04	2.34	2.40
„ III . . .	1.80	2.06	2 19	1.58	1.97	2.04
„ IV . . .	1.82	2.05	2.16	1.54	1.87	2.06
Hordeiforme № 010						
Unirrigated	2.16	2.59	2.80	1.93	2.49	2.60
Irrigated, Sch. I . . .	2.24	2.70	2.66	2.01	2.48	2.53
„ II . . .	2.44	2.79	2.78	2.13	2.50	2.64
„ III . . .	2.33	2.48	2.49	2.00	2.37	2.34
„ IV . . .	2.31	2.49	2.50	1.81	2.33	2.30
Hordeiforme № 0189						
Unirrigated	2.39	2.70	2.78	2.22	2.44	2.51
Irrigated, Sch. II . . .	2.40	2.72	2.78	2.16	2.56	2.62
„ III . . .	2.37	2.72	2.77	2.07	2.50	2.55

protein percentage, in other cases (№ 0111) only a partial increase is observed, and in some (№ 069) there is even a decrease of the percentage of protein. The best variety in the given conditions was № 0841 and the worst № 069.

2. The number and the time of waterings (the application of different irrigation schedules) with regard to each of the wheat varieties studied had different effects on the percentage of protein content of the grain. The irrigation schedules I and II, i. e. two irrigations with the second one during the earring stage, showed the best results in almost all the cases. The results of schedule III with regard to varieties №№ 0841, 2447, and 0189 were not so good. Schedule IV with a late second irrigation in the early stade of the ripening of the grain showed definitely negative results.

3. An insignificant increase in the protein percentage in the grain was observed (with the exception of № 0189) in varieties of early maturity (№№ 0841 and 2447) when one irrigation was applied (schedule III), i. e. when the first irrigation occurred in a later stage of growth of the wheat.

4. In some cases, with the ripening of the wheats an increase in the percentage both of total nitrogen content and of protein nitrogen was to be observed, while in other cases the total amount of nitrogen and the protein nitrogen content in fully matured grains showed a certain decrease in comparison with the 'yellow ripe' stage.

Conclusions

1. Our data disprove the widespread opinion met with in literature that the quality of grain of irrigated wheats is inferior to that of unirrigated wheats. An increase in the protein content of the grain with a simultaneous increase in the yield can be obtained by regulating the watering.

2. It is first of all necessary to study the peculiarities of the different wheat varieties under the conditions of irrigation. Such varieties must be selected as will produce the best quality grain with the greatest yield.

3. In establishing the hydromodulus the number of irrigations and their dates must be considered. It is our opinion, based on the results of two years' experience in field conditions, that the first irrigation must not take place before the shooting stage. It must be effected during the shooting stage. The second irrigation must take place during the full earring stage. A late second irrigation is as injurious to the quality of the grain as a premature first irrigation in the early stage (before shooting). The irrigation must be timed to coincide with the comparatively short period from the shooting stage till the end of the earring stage. Irrigation alone does not give positive results either in increasing the yield or in bettering the quality of the grain.

4. It is posiible that further studies may reveal the advantages of other irrigation schedules.

The application of irrigation in conjunction with fertilizers may show results that would better and fuller satisfy our requirements. The Laboratory of Biochemistry and Plant Physiology of the Academy of Sciences will continue these investigations in the current year.

Laboratory of Biochemistry and Plant Physiology of the Academy of Sciences.
Leningrad.

Received
27. IV. 1934.

ГЕОЛОГИЯ

И. Н. ЕФИМОВ

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ОСТАТКОВ В КРОВЛЕ ПЛАСТОВ КАМЕННЫХ УГЛЕЙ ДОНЕЦКОГО БАССЕЙНА

(Представлено академиком А. А. Борисяком 7 IV 1934)

Распределение органических остатков в кровле пластов каменных углей интересовало ряд исследователей (Р. Мёрчисон, проф. Филлипс, проф. Прествич и др.) и особенно лиц, изучавших и изучающих не морских пластинчатожаберных (*Anthracosidae* и *Mytilidae* — *Anthraconauta* и *Naiadites*). К числу последних принадлежат: В. Хайнд, Стеньер, Ренье, П. Прюво, А. Трумэн, Б. Чернышев и др. Все они сходятся на том, что фауна глинистых сланцев кровли пластов каменных углей распределяется в основном на два типа — на не морскую, и морскую, причем в некоторых случаях ими допускается смешение этих форм в одном горизонте. В. Хайнд считает смешение этих форм только кажущимся, так как коллекционирование производится чаще из отвалов шахт, где отнесение их к горизонтам почти невозможно (1).

Впервые более детальное расчленение толщи этих сланцев делает Б. Чернышев, выделяя горизонты, заключающие *Carbonicola*, *Anthracomya* и *Naiadites*, в особую фацию — фацию карбоникола. Процесс отложения осадков в кровле пласта, при равномерной трангрессии моря на континент, им представляется в таком виде: после отложения толщи угля началось наступление моря, уничтожившее растительность. На этом месте появляется спокойный и довольно мелкий, возможно, несколько распресненный водоем, в котором развилась обильная фауна. *Estheria*, а затем *Carbonicola* etc. По мере углубления, приходили с наступающим морем все новые и новые формы. Сначала они очень короткое время существовали совместно с прежней фауной, затем нацело сменились другой, более глубоководной, когда отложились сланцы с *Aviculopecten*, *Bucania* etc.

В соответствии с этим, изменяются и породы от более темных (углистых) сланцев к более светлым (глинистым) (2).

Нами, в результате двухлетней работы в Сталинском тресте Донецкого бассейна, были проверены и уточнены ряд вопросов, касающихся как стратиграфии, так и распределения органических остатков кровли пластов каменных углей. Причем, при сборе палеонтологического материала пользование отвалами шахт допускалось только в том случае, если в шахте разрабатывался только один пласт с подрывкой кровли, и других выработок, как квершлагов, гезенков и т. п., нет. В основном, обследование и сбор геологического материала производились в шахте на месте подрывки. В результате, обследовано 9 рабочих пластов в 50 шахтах, что дало возможность почти точно судить о распределении фауны и изменений ее по простиранию.

Наиболее полно нами были изучены кровли пластов h_3, h_4', h_4'', h_6, h_6', h_8, h_{10}, m_2 и m_9. В них, за исключением последних двух, наиболее часты *Carbonicola*, доходящие у нас в Донецком бассейне до пласта k_8' (2), а в Западной Европе до пластов Aegir в Вестфалии, Petit Buisson в Лимбурге и северной Франции (3), Great Row Coal в северном Стафордшире и Red Vein в Южном Уэльсе (4). Обилие в Донецком бассейне *Carbonicola* etc. невольно толкает на путь использования их для стратиграфических целей, а недостаточная изученность распределения их в кровле пластов обусловливала при сопоставлении ошибки некоторых исследователей.

Кровля пласта, в пределах даже одной шахты, представлена различно. Так например, в шахте 4/21 Петровского рудоуправления в коренном западном штреке 4-го горизонта, кровля пласта на $1^1/_2$—2 метра подрывки содержит исключительно растительные остатки: *Calamites undulatus* Sternb. (обилие), *Calamites Cistii* Brongn., *Sphenopteris obtusiloba* Brongn., *Neuropteris heterophilla* Brongn., *Neuropteris obliqua* Brongn., *Cyclopteris orbicularis* Brongn., *Palmotopteris furcata* Brongn. В коренном западном штреке 5-го горизонта в подрываемой части кровли того же пласта в 600 метрах от вышеуказанного пункта обнаружены: *Carbonicola nucularis* Hind (обилие), *C. aquilina* Sow., *C. acuta* Sow., *C. acuta* var. *rhomboidalis* Hind, *C. elliptica* Tschern., *C. obtusa* Hind, *C. aquilinoides* Tschern., *C. nitida* Dev. et Truem., *Anthracomya Williamsoni* Brown, *A. Williamsoni* var. *obtusa* Ludwig, *Anthracomya* sp., *Naiadites modiolaris* Sow. и почти полное отсутствие растительных остатков. В других шахтах, разрабатывающих тот же пласт, наблюдается в подрываемой части (шахта № 8, Чулковка, Буденовского рудоуправления), внизу, горизонт с растительными остатками толщиной в 0.40 м, выше слой с *Carbonicola acuta* Sow., *C. acuta* var. *rhomboidalis* Hind, *C. ovalis* Mart., *C. nucularis* Hind, *C. obtusa* Hind, *C. aquilina* Sow., *C. antiqua* Hind, *C. subrotundata* Sow. Резкой границы между одним и другим слоем не наблюдается. Растительные остатки иногда встречаются вместе с *Carbonicola*, но в очень небольшом количестве, точно так как среди слоев с растительными остатками редко встречаются *Carbonicola*.

В кровле пласта h_6 распределение органических остатков представлено лучше: В шахте № 5 С Буденовского рудоуправления непосредственно над углем залегает слой в 0.05—0.10 м углистого сланца, сплошь состоящего из неопределимых растительных остатков. Уже в верхней части этого углистого сланца начинают попадаться *Carbonicola*, которые, как правило (уменьшение толщины после скопления растительных остатков), расплющены. Над углистым сланцем залегает светлый, слегка песчанистый глинистый сланец с обилием *Carbonicola* и *Naiadites*. *Naiadites* чаще находятся вокруг крупных экземпляров *Carbonicola*, причем были обнаружены *Carbonicola*, у которых *Naiadites* как бы прикреплен к заднему концу, и форма изгиба (в направлении киля) соответствует округленности *Carbonicola*. Это подтверждает предположение А. Трумэна (4), что *Naiadites* вели прикрепленный к растениям образ жизни; нужно полагать и к *Carbonicola*.

В этом слое определена такая фауна: *C. acuta* Sow., *C. acuta* var. *rhomboidalis* Hind (преобладает), *C. communis* D. et Tr., *C. ovalis* Mart., *C. aquilina* Sow., *C. robusta* Sow., *C. obtusa* Hind, *C. subrotundata* Sow., *C. janischewskii* Tschern., *C. aquilinoides* Tschern., *Naiadites modiolaris* Sow., *N. triangularis* Sow., *N. carinata* Sow., *N. elongata* Sow. Выше *Carbonicola* и *Naiadites* находятся редко, но уже здесь появляются стройные *Anthracomya Williamsoni* Brown, которые встречаются и выше, где *Carbonicola* отсутствуют.

Carbonicola и *Anthracomya* в этих сланцах находятся в большинстве случаев лежащими не по плоскости наслоения, а в том виде как они жили, даже слегка будучи наклонены вперед. *Naiadites* находятся в виде целых раковин с двумя закрытыми створками. Такого явления в темных глинистых сланцах не наблюдается. В них чаще *Carbonicola* и *Anthracomya* находятся по плоскости наслоения, а *Naiadites* в виде одной какой-либо створки. Размер форм *Carbonicola* изменяется также снизу вверх. Самые крупные экземпляры *Carbonicola* (до 40 мм) находятся в верхней части углистого сланца, а наиболее мелкие (до 25 мм) в глинистом сланце.

Наиболее яркую картину распределения органических остатков представляет кровля пласта h_{10}. Примером может служить кровля пласта h_{10}, шахта № 4 и 3/19 Буденовского рудоуправления.

В этих шахтах, как и в ряде других, пласт каменного угля постепенно переходит в слой углистого сланца, почти сплошь состоящего из *Carbonicola* и *Naiadites*. Иногда этот слой более загрязнен глинистым веществом, тогда он резко и легко отделяется от пласта, а иногда он, будучи почти не загрязнен, сливается с пластом (шахта № 6 Сталинского рудоуправления) либо доходит до полного исчезновения (шахта № 7, Наклонная, Сталинского рудоуправления). В некоторых случаях его от пласта отделяет слой песчано-глинистого сланца с корнями растений (шахта № 17 Рутченковского рудоуправления). Фауна из этого углистого сланца определена следующая: *C. acuta* var. *rhomboidalis* Hind, *C. aquilina* Sow. (редко), *C. turgida* Brown (часто), *C. similis* Brown (часто), *Naiadites quadrata* Sow. (часто). Над этим слоем углистого сланца залегают серые глинистые сланцы, в большом количестве содержащие мелкие формы *C. agulata* Ryckholt (*C. similis* P. Pruvost) и еще более мелкие *N. quadrata* Sow. *C. angulata* редко достигают размера 12 мм; средний размер их 7—8 мм. Распространены они в слое, не превышающем 0.20 м. Причем снизу вверх количество их и величина уменьшается. Из всей рассмотренной массы их мы не обнаружили ни одного экземпляра с закрытыми створками, они всегда представлены либо одной створкой, либо двумя раскрытыми.

Naiadites без видимого изменения в величине и количестве проходят через всю эту пачку, даже заходя в вышележащий слой с морскими формами. Но, подобно *C. angulata*, они представлены только одной створкой.

Над слоем с *C. angulata* etc. залегает слой таких же глинистых сланцев с морской фауной: *Pterinopecten papyraceus* Sow., *Bucania Moravica* Kleb. и неопределимые обломки *Cephalopoda*. В самой нижней части этого слоя совместно с *Pterinopecten papyraceus* иногда встречаются в заметном количестве мелкие *N. quadrata*; выше они быстро исчезают и в слое, где преобладают *Bucania Moravica*, их нет.

Над морским слоем (около 1 м) залегает слой немых глинистых сланцев (3—4 м) с частыми включениями серного колчедана. Такие сланцы очень часто встречаются в Донецком бассейне и чаще они подстилают известняки. Приток пресных вод в морской бассейн является необходимым фактором сероводородного заражения некоторой придонной части бассейна и при трансгрессии моря обусловил исчезновение морских форм, главным образом бентоса (5).

Из приведенных примеров только по 3 пластам мы попытались показать распределение органических остатков в кровле пластов каменных углей, из которых при непрерывной трангрессии от фации бесспорно континентальной (пласт каменного угля) до фации морской (известняки) можно ясно видеть ряд смен фаун. Растительные остатки сменяются фауной *Carbonicola, Anthracomga* и *Naiadites*, которая в свою очередь сменяется фауной глинисто-морской, и, наконец, глинисто-морская сменяется немыми глинистыми сланцами. Зависит это от смены исключающих друг друга условий, обусловленных для каждого слоя своими специфическими причинами. Распространение этих фаун на больших площадях в свою очередь свидетельствует о выдержанности причин на тех же площадях, что дает возможность выделить их в самостоятельные нижеследующие фации: 1) континентальная или угольная, 2) надугольная (с растительными остатками), 3) фация антракозид, 4) глинисто-морская и 5) фация сероводородного заражения. Мощность каждой фации колеблется до полного исчезновения даже на небольших площадях, в зависимости главным образом не от времени образования, а от количества сносимого с континента материала. Поэтому, на разных участках одного и того же пласта кровля может быть представлена, если судить по подрываемой породе, разными фациями, и при сопоставлении пластов нужно пользоваться органическими остатками одинаковых фаций.

Геологический научно-исследовательский
институт при Днепропетровском
государственном университете.

Поступило
1 IV 1934.

GEOLOGY

THE DISTRIBUTION OF ORGANIC REMAINS IN THE ROOFING OF COAL MEASURES OF THE DONETZ BASIN

By I. EFIMOV

(*Communicated by A. Borissiak, Member of the Academy, 7. IV. 1934*)

The distribution of organic remains in the roofing of coal measures has interested many investigators (R. Murchison, Phillips, Prestwich) and especially those who have studied and are studying the non-marine *Lamellibranchiata* (*Antracosidae, Nytilidae — Anthraconauta, Naiadites*). These investigators are: Hind, Stainier, Rénier, Pruvost, Trueman, Tschernishev.

They all agree that the fauna of the argillaceous shales forming the roofing of coal measures is divided into two types: the non-marine and the marine one. In some cases the above mentioned authors admit the existence of both these types intermixed in the same horizon. Hind considers the existence of both the types in the same horizon only seeming, because the collecting is usually done in the rubbish heaps, and, therefore, the referring of species to horizons is practically impossible (1). Tschernichev was the first to give a more detailed division of the mass of these shales; he regarded the horizon with *Carbonicola*, *Anthracomya*, and *Naiadites* as a special facies — *Carbonicola* facies. These authors represent the process of the deposition of sediments in the roofing of a stratum, during a uniform transgression of the sea on the continent, in such a manner: after the deposition of a coal measure the transgression of the sea began and destroyed the vegetation. A calm, shallow, and perhaps only brackish basin was formed, where a rich fauna of *Estheria* and afterwards *Carbonicola* developed. Than, as this basin was becoming deeper, new forms were derived from the advancing sea. In the beginning they existed for a very short time with the old fauna together and afterwards were completely replaced by another, deeper-water fauna — when the shales with *Aviculopecten*, *Bucania*, etc., were deposited. In accordance with this, the shales change their colour from darker (carbonaceous) to lighter (argillaceous) shades (2).

As a result of two years' work in the Stalin Trust of the Donetz Basin we have studied and solved a number of questions concerning the stratigraphy as well as the distribution of organic remains in the roofing of coal measures. The palaeontological material was collected from rubbish heaps only when a single seam was being worked with the exploding of the roof, cross-cuts, staples, etc., being absent. Usually the collecting was done in the shaft on the place of the exploding. Nine seams in 50 shafts were investigated, and this gives the possibility to judge of the distribution of the fauna and its modifications along the strike.

The roofings of the seams h_8' h_4' h_4'' h_6, h_6' h_8 and h_{10} were studied better than others. *Carbonicola* is frequent in them and reaches in the Donetz Basin the seam k_8'; in Western Europe *Carbonicola* reaches the seams: Aegir in Westfalia, Petit Buisson in Limburg and Northern France (3), Great Row Coal in North Staffordshire, and Red Vein in South Wales (4). The abundance of *Carbonicola*, etc., in the Donetz Basin explains its being used for stratigraphical purposes, but the insufficient knowledge of its distribution in the roofing of seams led, when compared, to errors.

The roofing of the seam, even in the same shaft, is represented in different ways. For example, the roofing of the seam for $1\,1/3$—2 m of exploding in the shaft of the Petrovski district has in the chief western heading of the fourth horizon only vegetable remains, namely: *Calamites undulatus* Sternb. (abundant), *Calamites Cistii* Brongn., *Sphenopteris obtusiloba* Brongn., *Neuropteris heterophilla* Brongn., *Neuropteris obliqua* Brongn., *Cyclopteris orbicularis* Brongn., *Palmotopteris furcata* Brongn. The chief western heading of the fifth horizon in the exploded part of the roofing of the same seam, 600 m higher than the above mentioned spot, contains: *Carbonicola nucularis* Hind (abundant), *Carbonicola aquilina* Sow., *Carbonicola acuta* Sow., *Carbonicola acuta* var. *rhomboidalis* Hind., *Carbonicola elliptica* Tschern., *Carbonicola obtusa* Hind, *Carbonicola aqilinoides* Tschern., *Carbonicola nitida* Dev. et Truem., *Anthracomya Williamsoni* Brown, *Anthracomya Williamsoni* var. *obtusa* Ludwig, *Anthracomya* sp., *Naiadites modiolaris* Sow., and almost no vegetable remains.

Other stafts sunk in the same seam have in the exploded part (shaft No 8, Chulkovka, Budennovski district): below, a horizon with vegetable remains 0.4 m thick and higher up a layer with *Carbonicola acuta* Sow., *Carbonicola ovalis* Mart., *Carbonicola obtusa* Hind, *Carbonicola aquilina* Sow., *Carbonicola antiqua* Hind, *Carbonicola subrotunda* Sow. There is no definite boundary between these two layers. Vegetable remains are sometimes found together with *Carbonicola*, but in very small quantities, the same as *Carbonicola* is seldom found in layers with vegetable remains.

The distribution of organic remains in the roofing of the seam h_8 is better represented. There is a layer of carbonaceous shale 0.05—0.1 m thick directly on the coal

(shaft № 50, Budennovski district), consisting of unidentifiable organic remains. In the top part of this carbonaceous shale *Carbonicola* are found, which, as a rule, are crushed (the decrease of the thickness after the accumulation of vegetable remains). Over the carbonaceous shale there is a bright, slightly sandy argillaceous shale with abundance of *Carbonicola* and *Naiadites*. *Naiadites* are more frequently found around big specimens of *Carbonicola*; *Carbonicola* to whose back end *Naiadites* seemed to be attached were found, the form of their curve in the direction of the carina corresponding to the rotundity of *Carbonicola*. This confirms the hypothesis of A. Trueman (4) to the effect that *Naiadites* were attached to plants and, possibly, also to *Carbonicola*.

The following fauna was found in this layer: *Carbonicola acuta* Sow., *Carbonicola acuta* var. *rhomboidalis* Hind (prevails), *Carbonicola communis* B. et Tr., *Carbonicola ovalis* Mart., *Carbonicola aquilina* Sow., *Carbonicola robusta* Sow., *Carponicola obtusa* Hind, *Carbonicola subrotunda* Sow., *Carbonicola janischewskii* Tchern., *Carbonicola aquilinoides* Tschern., *Naiadites modiolaris* Sow., *Naiadites triangularis* Sow., *Naiadites carinata* Sow., *Naiadites elongata* Sow.

Carbonicola and *Naiadites* are seldom found higher, but well-shaped *Anthracomya Williamsoni* Brown appear and are found still higher, where *Carbonicola* are absent.

Carbonicola and *Anthracomya* are found in these shales usually lying not on the surface of the stratification but so as they had lived and even slightly inclined forward. Shells of *Naiadites* are intact with two closed valves. There are no such preserved shells in the dark argillaceous shales. *Carbonicola* and *Anthracomya* are frequently found in them disposed on the surface of stratification and *Naiadites* have only one of its valves. The dimensions of *Carbonicola* forms varies upwards. The biggest specimens of *Carbonicola* (40 mm) occur in the upper part of the carbonaceous shale and the smallest (25 mm) in the argillaceous shale.

A very good example of the distribution of organic remains is the roofing of the seam h_{19}, shaft No 4 and 3/19 of Budennovski district.

In these shafts, as in many others, the seam of coal gradually passes into a layer of carbonaceous shale consisting almost entirely of *Carbonicola* and *Naiadites*. Sometimes this layer contains an argillaceous substance and then it can be easily separated from the seam, and sometimes, when without argillaceous substance, coincides with the seam (shaft No 6, Stalin district) or entirely disappears (shaft No 4, Naklonnaya, Stalin district). Sometimes this layer is separated from the seam by a band of sandy-argillaceous shale with roots of plants (shaft No 17, Rutchenkovo district). The fauna of this carbonaceous shale is as follows: *Carbonicola acuta* var. *rhomboidalis* Hind, *Carbonicola aquilina* Sow. (seldom), *Carbonicola turgida* Brown (frequently), *Carbonicola similis* Brown (frequenty), *Naiadites quadrata* Sow. (frequently). Over this layer of carbonaceous shale there are gray argillaceous shales containing in great quantities small specimens of *Carbonicola angulata* Ryckholt (*Carbonicola similis* Pruvost) and still smaller specimens of *Naiadites quadrata* Sow.

Carbonicola angulata seldom attains 12 mm, its average size being 7—8 mm. They are distributed in a layer not thicker than 0.2 m, and their quantity and size decrease upwards. Among all the examined shells we could not find specimens with closed valves; all the shells have either one valve or two opened valves.

Naiadites occurs throughout all this layer without any variations and even in the overlying layer with marine species, but similarly to *Carbonicola angulata* they are also represented by only one valve. Over the layer with *Carbonicola angulata*, etc., there is a layer of the argillaceous shale with the following marine fauna: *Pterinopecten papyraceus* Sow., *Bucania Moravica* Kleb., and unidentifiable fragments of *Cephalopoda*. In the inferior part of this layer, together with *Pterinopecten papyraceus*, a quantity of small *Naiadites quadrata* is found; they disappear quickly higher up and they are absent in the layer where *Bucania Moravica* predominates.

A layer of dumb argillaceous shale (3—4 m) with inclusions of pyrite overlies this marine layer (about 1 m). Such shales are often met with in the Donetz Basin and are usually under limestone. An influx of fresh water into the marine basin was necessary to infect a certain part of the sea near its bottom with hydrogen sulphide, and during the transgression of the sea this caused the disappearance of marine species, chiefly of benthos (5).

By the above examples of these three seams we tried to show the distribution of organic remains in the roofing of coal seams; thanks to the continuous transgression from a doubtlessly continental facies (a coal seam) to a marine one (limestone), one can clearly see the change of faunae. Vegetable remains are replaced by *Carbonicola*, *Anthracomya*, *Naiadites*, which are in their turn replaced by the argillaceous marine fauna, the latter being

replaced by dumb argillaceous shales. All this is due to the changing and mutually excluding conditions set up in each layer by specific causes.

The existance of this faunae over great areas proves the uniformity of the above mentioned conditions over these areas, which makes it possible to establish the following independant facies: 1) the continental or coal facies, 2) the facies overlying the coal (with vegetable remains), 3) the facies of *anthracosides*., 4) the marine argillaceous facies, 5) the facies infected with hydrogen sulphide.

The thickness of each facies varies over a wide range even to their total disappearance on small areas. It does not depend upon the time of their formation, but upon the quantity of material washed down from the continent. Therefore, in different places of the same seam, the roofing, judging from the exploded rock, may be represented by different facies, and if the seams are to be compared, one has to use the organic remains of identical facies.

Geological Research Institute
of the Dnepropetrovsk State University.

Received
1. IV. 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

[1] W. Hind. A Monograph on *Carbonicola*, *Anthracomya*, and *Naiadites*. Palaeontograph. Society, London, 1894—96. [2] Б. Чернышев. *Carbonicola*, *Anthracomya* и *Naiadites* Донецкого бассейна. Стр. 60—65. 1930. B. Tschernichev. *Carbonicola*, *Anthracomya*, and *Naiadites* of the Donetz Basin, p. 60—65, 1930. [3] P. Pruvost. La faune continentale et la division stratigraphique des terrains houillers. Compte rendu Heerlen, Liège, 1928. [4] J. Devies and A. Trueman. Quart. Journ. Geol. Soc., vol. LXXXIII, London, 1927. [5] А. Архангельский. Условия образования нефти на Северном Кавказе. Серия редакции журнала „Нефтяное хозяйство", 1927. A. Archangelskij. The Conditions of the Formation of Oil in North Caucasus. 1927.

ГЕОЛОГИЯ

Л. ЛУНГЕРСГАУЗЕН

О СТРАТИГРАФИИ „БАЛТСКОГО ЯРУСА"

(*Представлено академиком А. А. Борисяком 1 IV 1934*)

На юго-западе Европейской части СССР, в бассейне Днестра и Буга, особенно на водоразделе этих двух речных систем, получили мощное развитие весьма своеобразные песчано-глинистые неогеновые отложения континентального типа, известные со времени Барбота-де-Марни под общим названием „балтского" яруса.

Как способ образования балтской толщи, так, особенно, стратиграфическое ее положение, вызывали крайне разнообразные, подчас почти противоположные суждения со стороны различных исследователей, так или иначе касавшихся балтского вопроса.

Как известно, впервые выделивший балтские отложения Барбот-де-Марни сопоставлял их с песками Эпельсгейма и с бельведерским щебнем (1). Несколько позже И. Ф. Синцов (2) приравнивает их к пластам конгерий. Затем Н. Соколов с большой проницательностью указал, что балтский ярус следует рассматривать как „особую фацию всей группы неогеновых отложений Херсонской губернии", т. е. балтский ярус, по мысли этого ученого, отвечает большому промежутку времени от сармата до понта

и даже до верхнего плиоцена (3); точно также и М. Павлова (4) допускает частично верхнеплиоценовый возраст балтских слоев, меж тем как Н. Андрусов (5) скорее склоняется считать их за более древние образования. П. Н. Венюков, на основании изучения значительной фауны млекопитающих из балтских песков, пришел к выводу, что „эти пески . . . начали отлагаться с начала II понтического яруса," но что отложение их продолжалось и во время III понтического яруса, т. е. „одновременно с одесским известняком" (6). Однако, характер фауны заставляет П. Н. Венюкова еще более расширить стратиграфические границы балта и предположительно допустить, что начало накопления этой толщи может быть отнесено к меотису, а конец — на послепонтическую эпоху. В. Д. Ласкарев (7), попутно касаясь балтских слоев, относит их к плиоцену и миоцену. Приблизительно так же решает вопрос и К. Пржемысский, относящий накопления балта на время „от верхнего сармата до верхнего плиоцена включительно" (8). П. А. Православлев очень неудачно и искусственно расчленяет балтский комплекс, причем верхние горизонты балта — гравельные слои с. Липецкого, Ананьева и т. д. — совершенно ошибочно зачисляются им к меотису, а покровная оранжевая глина — к понту (9). Наконец, в последнее время Р. Р. Выржиковский крайне категорически заключил, что „начавшееся в конце среднего сармата или в начале верхнего сармата отложение балтского яруса закончилось в понтическую эпоху, и все предположения о возрасте балтских отложений, выходящие из указанных стратиграфических границ, должны быть окончательно отброшены".*

Новейшие данные, полученные при детальной геологической съемке соответствующих 3-верстных листов юго-западной части Украины, позволяют несколько иначе взглянуть на балтские отложения и наметить несколько иные соотношения между балтской толщей и другими, стратиграфически более узкими и более определенными, неогеновыми горизонтами Причерноморья.

Как это вытекало и из предшествующих исследований, балтский комплекс по своему объему далеко выходит из границ понятия обычного яруса, принимая в расчет установленную ныне степень детальности стратиграфического расчленения причерноморского неогена.

В общем стратиграфия балта рисуется в настоящий момент в следующем виде.

Вся толща песчано-глинистых весьма разнообразных в деталях своего строения балтских накоплений, общей мощностью свыше 120 м, явственными горизонтами несогласия делится на три самостоятельных отдела, которым предлагается наименование кучурганской (верхней), тилигульской (средней) и ягорлыкской (нижней) серий или ярусов. Ягорлыкская свита в свою очередь границей несогласия (перерыв) отделена от среднесарматских известняков с *Cardium fittoni*, *Mactra vitaliana*, *Cerithium lignitarum*, *Solen subfragilis*, что свидетельствует, повидимому, о катастрофически быстрой регрессии моря на грани среднего и верхнего сармата. О существовании подобного перерыва отчетливо говорят также небольшие гальки плотных, частично несомненно среднесарматских, известняков, находимые в основании ягорлыкской свиты. Последняя представлена мощной толщей рыхлых, почти исключительно песчаных накоплений, до 30 м мощности. Впрочем, мощность эта сильно варьирует, то возрастая до 40 м, то значительно убывая. Характерной для этой нижней свиты является своеобразная слоистость, ближе всего напоминающая прибрежно-морские условия отложения. Не составляют редкости крупные пачки линзовидно залегающих слоев несомненно эолового типа (ископаемые береговые дюны). На юг совершенно постепенно эта прибрежно-морская и полуконтинентальная фация переходит в песчано-глинистые и ракушечные мелководно-морские отложения с *Mactra bulyarica* и *M. caspia*, являясь, таким образом, их прямым (хотя и неполным) северным эквивалентом. Фауна исчерпывается пока раковинами *Unio*

* Полнейшая необоснованность этого утверждения будет очевидна из приводимых ниже результатов последних наблюдений в области водораздела Днестра и Буга. Отчасти вопрос этот затронут мною также в другом месте [(12) глава III].

ex gr. *partschi* и обломками тонкопанцырной черепахи, принадлежащими, очевидно, морской форме. Площадь распространения ягорлыкской свиты имеет форму вытянутого на север языка, до некоторой степени унаследовавшего очертания сарматского залива.

Верхняя граница ягорлыкской свиты не может быть точно сопоставлена с верхней стратиграфической границей сарматского яруса. Верхнему сармату отвечает также и граница перерыва в отложении между ягорлыкской и тилигульской свитами и те довольно энергичные тектонические движения, которые проявились на грани этих двух свит и ускорили постепенную регрессию верхнесарматского моря и перерождение его в ряд опресненных лагун, протоков и разомкнутых озер меотического века. Наконец, верхнему же сармату, надо думать, отвечают и самые нижние горизонты вышележащей тилигульской свиты, которые должны быть сопоставлены с переходными слоями от опресненно-морской фации с *Mactra bulgarica* к пресноводной фации с *Unio flabellatus* (Гребенники, Гроссулово). Как верхние горизонты морских слоев вдоль северной периферии позднесарматского бассейна, так, особенно, и эквивалентная им полуконтинентальная ягорлыкская свита, несут следы дислоцированности, повидимому, согласно с нижележащей сарматской известняковой толщей. Дислоцированность ягорлыкской свиты резко отмежевывает ее от вышележащей тилигульской.

Последняя выражена очень мощным (свыше 70 м) комплексом весьма разнообразных глинистых и песчаных отложений озерно-речного, эолового и частью дельтового типа. Следует оговориться, что не только весь балтский комплекс, но даже средние его горизонты, входящие в состав нашей тилигульской свиты, не могут быть признаны за отложение единой гипотетической дельты, как это пытается доказать Р. Р. Выржиковский. Точно также нет никаких оснований замыкать распространение „балта“ границами Днестро-Бугского „треугольника“ в смысле Р. Р. Выржиковского: это логически вытекает из всего, сказанного ранее о ягорлыкской свите, и будет еще более отчетливо показано на примере самого верхнего отдела — кучурганских слоев. Что же касается до тилигульской свиты, то на юге она сливается совершенно неощутимо с верхней частью толщи озерно-речных слоев с *Unio flabellatus*, развитой чрезвычайно широко в Одещине и Южной Молдавии; на том берегу Днестра эквивалентом и непосредственным продолжением тилигульской свиты являются „бессарабские пески“ с характерной фауной млекопитающих, изученной Хоменко, Рябининым и др.

Наконец, характерно, что и фациально тилигульская свита ничем не отличается от обычных слоев с *Unio flabellatus* (только стратиграфически шире их), и искусственно выделять ее и замыкать пределами какого то дельтового треугольника абсолютно невозможно. Также и фауна тилигульской свиты говорит о ее преимущественно меотическом возрасте. Не подлежит сомнению, что именно тилигульской свиты касается более древняя группа форм, изученных П. Н. Венюковым: *Mastodon longirostre*, *Aceratherium incisivum*, *Dinotherium giganteum*, *Rhinoceros schleiermacheri*, *Hipparion gracile*.

Из пресноводных моллюсков в соответствующих слоях найдены раковины *Unio novorossicus* Sinz. и некоторые другие (с. Марьяновка).

Вышележащая самая молодая свита балта, выделенная мною под названием кучурганского яруса (серии), отделена явственными следами крупного перерыва от тилигульских песков. Кучурганская свита выражена совершенно неокатанными, угловатыми, крайне грубозернистыми

песками и крупным гравием так называемого „карпатского" и галицийского типа (яшмы, халцедоны, цветные песчаники, кремнистые породы) с энергично выраженным потоковым типом слоистости. Особенности этой слоистости, весь облик песков, их петрографический состав, отсутствие даже элементарной сортировки материала или только грубая сортировка, угловатость и ребристость зерен гравия — все это говорит о несомненно флювиогляциальном типе их и резко отличает от всей нижележащей толщи. Эти замечательные флювиогляциальные плиоценовые пески занимают огромное пространство, плащеобразно перекрывая тонкозернистые озерно-речные более древние отложения и венчая собой балтский комплекс.

Отсюда происходит описанный П. Н. Венюковым и К. Пржемысским ряд верхнеплиоценовых форм во главе с *Mastodon Borsoni* и *Cervus perrieri* (аналогичная фауна в Западной Европе характеризуется присутствием *Mastodon arvernensis*, пока не найденного здесь); в изобилии встречены здесь оригинальные унионицы, переходные от *Unio flabellatus* (меотического типа) к *Unio flabellatiformis* (левантийского типа). *Unio* из группы *haueri* Neum., наконец, ряд грызунов, из которых укажу, например, на верхнеплиоценовую форму *Myolagus Meyeri*. Мощность кучурганского гравия сильно варьирует, не превышая обычно 20 м. Нередко он выполняет обширные карманы, долы и желоба в тилигульских песках, что свидетельствует о сравнительно глубоком эрозионном расчленении поверхности в эпоху, предшествующую отложению кучурганского гравия. Покров последнего протягивается до Гребенников и еще южнее, до устья р. Кучургана, где он покоится на прибрежной фации самых верхних горизонтов понтического известняка с *Cardium littorale* и *Cardium abichi*. На западе этот гравий широким покровом переходит в Бессарабию. На высоком правом берегу Днестра он мельком указывается А. П. Павловым ([11]), где он также покоится на размытой поверхности понтического известняка. На лимане Кацелло тот же гравельный песок заключает *Mastodon arvernensis* и *M. Borsoni* (И. Ф. Синцов). Наконец, аналогичные отложения прослеживаются и по Дунаю.

В вертикальном направлении кучурганская свита может быть разбита на 3 подгоризонта. Нижний подгоризонт, лежащий на понтическом известняке (на юге), на меотических слоях (Гребенники) или на тилигульских образованиях носит типичный флювиогляциальный характер. Фауна здесь еще не изучена. Средний подгоризонт также носит флювиогляциальный тип. Отсюда происходит упомянутая выше фауна оригинальных унионид и верхнеплиоценовые грызуны. Верхний подгоризонт имеет характер оригинальных древнеборовых песков и прослеживается с перерывами, не всюду. Эти древние боровые кучурганские пески или залегают карманообразно среди нормальных флювиогляциальных гравийных песков, или венчают последние, переходя в них постепенно, или замещают их по простиранию. Они или вовсе не слоисты, бесструктурны, или отличаются сложной ажурной эоловой слоистостью и по общему виду напоминают тип ископаемых мигрирующих дюн.

Перерыв между кучурганским и тилигульским ярусом должен отвечать понту и частично, повидимому, дакию. Верхи тилигульской свиты очевидно все же следует сопоставить с концом понтической эпохи.*

Общие представления о стратиграфии балтской толщи сведены в прилагаемой таблице.

* Этот вывод несколько видоизменяет первоначальный взгляд на верхи тилигульской свиты, развиваемый мною в статье, опубликованной в 1933 г. ([12]).

Сравнительная стратиграфическая схема балтских отложений и эквивалентных им неогеновых пластов

Область развития балта			Южное Причерноморье и дунайские страны	
Бурые глины. Внизу — глина типа terra rossa			Прегюнц. Верхний левантин	
Балтский комплекс	Кучурганская серия (ярус)	Верхний подгоризонт Ископаемые дюнные пески	Самые верхние горизонты среднего плиоцена и верхний плиоцен	Левантин (нижний?)
		Средний подгоризонт Флювиогляциальные пески: *Mastodon Borsoni*, *Myolagus Meyeri*, *Unio flabellatus—flabellatiformis*		Куяльницкие отложения Одессы?
		Нижний подгоризонт Флювиогляциальные пески. Верхнеплиоценовые млекопитающие (?)		
	Крупный перерыв			Дакий?
				Понт
	Тилигульская серия (ярус) Озерно-речные, частично дельтовые и эоловые отложения. *Unio novorossicus* и др. Фауна млекопитающих меотического типа (*Aceratherium* и др.)			Меотис
	Перерыв в отложении Тектонические нарушения			Верхний сармат
	Ягорлыкская серия (ярус) Прибрежно-морские, береговые дюнные, частично озерные и истоковые отложения			
Перерыв				Средний сармат
Известняки с *Cardium fittoni* и *Mactra vitaliana*				

Как видно, объем кучурганской, тилигульской и ягорлыкской серий не вполне точно укладывается в рамки общепринятых стратиграфических подразделений, что является доводом в пользу сохранения за ними особых местных обозначений.

Поступило
21 III 1934.

GEOLOGIE

ÜBER DIE STRATIGRAPHIE DER „BALTA-STUFE"

Von L. LUNGERSHAUSEN

(*Vorgelegt von A. Borissiak, Mitglied der Akademie, d. 1. IV. 1934*)

ZUSAMMENFASSUNG

Im Südwesten des europäischen Teils der UdSSR haben innerhalb des Dnjepr- und des Bugbeckens, insbesondere an der Wasserscheide genannter Flusssysteme, sehr eigenartige sandig-tonige Neogenablagerungen kontinentalen Typs, die von den Zeiten Barbot de Marny's her unter der Bezeichnung Balta-Stufe bekannt sind, weitgehende Entwicklung erfahren. Sowohl in Bezug auf die Entstehungsweise als auch auf den Zeitpunkt der Baltaer Ablagerungen gingen die Ansichten der verschiedenen Forscher, wie z. B. Barbot de Marny, I. Sincov, N. Sokolov. M. Pavlova, N. Andrusov, P.Venjukov, B. Laskarev, K. Prževmyskij, P. Pravoslavlev, P. Vyržikovskij u. v. a. m. erheblicherweise auseinander. Speziell wurde recht willkürlich die obere stratigraphische Grenze des Baltas in weiter Spanne vom Mäotis bis zum oberen Pliozän variiert.

Verf. sondert, auf Grund eingehender Forschungen im Bereich der Entwickelung der Balta-Ablagerungen den Komplex derselben in drei separate Aufteile aus, für die nachstehende Bezeichnungen in Vorschlag gebracht werden, nämlich die Kutschurgan-Serie oder Stufe (oberer Teil); die Tiligul-Serie oder Stufe (mittlerer Teil); die Jagorlyk-Serie oder Stufe (unterer Teil). Diese Ablagerungsserien sind von einander durch distinkte Unterbrechungsgrenzen getrennt. Die letztgenannte Jagorlyk-Serie, die sich als halbkontinentale Küstenfazies des obersarmatischen Meeres kennzeichnet, geht im Süden allmählich in obersarmatische Schichten mit *Mactra bulgarica* über. Dem obenen Sarmat entspricht gleichfalls eine Unterbrechung zwischen der Jagorlyk- und der Tiligul-Schichtenfolge, sowie auch recht intensive tektonische Bewegungen, die an der Grenze dieser beiden Schichtenfolgen stattgehabt und (stellenweise) Dislokationen der Jagorlyk-Schichtenreihe bedingt haben.

Die Tiligul-Schichtenfolge ist weiter als die Jagorlyksche und zwar bis nach Bessarabien hin verbreitet und ist durch sandig-tonige Landsee- sowie mannigfache kontinentale Ablagerungen vertreten; ihre Fauna besitzt typisch mäotische Züge: *Mastodon longirostre, Aceratherium incisivum, Dinotherium giganteum, Rhinoceros schleiermacheri, Hipparion gracile, Unio novorossicus* u. s. v.

Die Tiligul-Schichtenfolge ist dem äussersten Ende des oberen Sarmats, dem Mäotis und dem Beginn des Pontus koordiniert. Die starke Unterbrechung zwischen den Tiligul- und den Kutschurgan-Schichtenreihen entspricht dem unteren und z. T. dem mittleren Pliozän, während die Kutschurgan-Stufe an und für sich, annähernd der Levantinischen Stufe entspricht.

Die Kutschurgan-Serie ist durch sehr grobkörnige Sande und durch nicht abgerundeten, sortenmässig nicht gesonderten Kies von fluvioglazialem Typ vertreten.

Die Kutschurgan-Ablagerungen nehmen enorme Flächenräume im südwestlichen Teile der UdSSR und in Bessarabien ein, indem sie diskordant (in den nördlicheren Bezirken) auf Tiligul-Sanden und (südlicher) auf mäotischen und pontischen Schichten lagern. Die Fauna der Kutschurgan-Schichten besteht aus:

Mastodon Borsoni, *Cervus perrieri*, *Rhinoceros longirostris*, *Gazella*, *Myolagus Meyeri*, *Testudo*, *Unio* aff. *flabellatus*, *Unio* aff. *flabellatiformis*, *Unio* sp. (Mittelform zwischen *U. flabellatus* u. *U. flabellatiformis*), *Unio* cf. *haueri* u. v. a.

Die Mächtigkeit der Jagorlyk-Serie beträgt gegen 30 m, die der Tiligul-Serie — 70 bis 80 m und die des Kutschurganschen fluvioglazialen Kieses 10 bis 20 m.

Die stratigraphische Aufteilung des Balta-Komplexes wird durch beigegebene Tabelle veranschaulicht.

Vergleichendes Stratigraphisches Schema der Baltaer Ablagerungen und der diesen äquivalenten Neogenschichten

Bereich der Entwicklung des Baltas			Südliches Schwarzmeer-Küstengebiet und Donauländer
Rotbraune Tone. Zu unterst Tone vom Terra-rossa-Typ			Prägünz-Zeit Levantin (Ober?)
Balta-Komplex	Kutschurgan-Serie (Stufe)	Oberer Horizont Fossile Dünensande	Levantin (Unter?)
		Mittlerer Horizont Fluvioglaziale Sande und Kies mit *Mastodon Borsoni* und *Unio flabellatiformis*	
		Unterer Horizont Fluvioglaziale Sande (Säugetiere des Oberpliozäns?)	
	Grosse Unterbrechung		Daz.?
			Pont
	Tiligul-Schichtenfolge (Stufe) Landsee-Fluss-Ablagerungen, z. T. Delta- und äolische Ablagerungen, mit mäotischer Fauna: *Aceratherium incisivum*, *Hipparion gracile*, *Rhinoceros schleiermacheri*, *Unio novorossicus* u. s. v.		Mäotis
	Unterbrechung Tektonische Störungen		Obersarmat
	Jagorlyk-Serie (Stufe) Seeküsten-, Ufer-Dünen-, z. T. Landsee- und Strömungsablagerungen		
Unterbrechung			Mittelsarmat
Kalkstein mit *Cardium fittoni*			

Eingegangen
d. 21. III. 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — LITERATUR

[1] Геол. очерк Херсон. губ., 1869. — Геол. исслед., произв. в 1868 г. в губ. Киев., Под., Волын. [2] Зап. Новоросс. общ. ест., т. XXIII, в. 1. — Мат. для геол. Росс., т. XI, 1883 и мн. др. [3] Труды Геол. ком., т. XIV, 1896. [4] Bull. Scc. Imp. Natur. Moscou, 2, 1897. [5] Тр. СПб общ. ест., отд. геол., т. XXV, 1897. [6] Мат. для геол. Росс., т. XXI, в. 1, 1903. [7] Зап. Новоросс. общ. ест., 1908, т. XXXIII. [8] Зап. Подольск. общ. ест., т. III, 1915. [9] Еж. по геол. и мин. Росс., т. XVII, в. 6—7, 1917. [10] Вісн. Укр. відд. Геол. ком., 1927, в. 10. [11] Nov. Mém. Soc. Imp. Natur. Mosc., т. XVII, l. 4, 1915. [12] Очерки по геол. Молдавии, Научн. ком. Молд., 1933.

ЗООЛОГИЯ

Б. ЗЕНКОВИЧ

НЕКОТОРЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ НАД КИТАМИ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА*

(Представлено академиком С. А. Зерновым 17. IV. 1934)

Участие в экспедициях первой советской китобойной флотилии „Алеут“ позволило мне собрать в течение опытного промысла в 1932 г. в тропической зоне и, затем, в промысловом рейсе в 1933 г. в наших дальневосточных морях ряд наблюдений и выяснить несколько неизвестных до сих пор моментов по биологии китов. В частности удалось разрешить вопрос о половом и возрастном составе кашалотов *Physeter macrocephalus*, мигрирующих в наши воды, и пище серого калифорнийского кита *Rhachianectes glaucus*. В сезон 1933 г. удалось взвесить полностью трех китов.

Результаты наблюдений, вскрытия и взвешиваний я привожу в настоящей статье.

О пище серого калифорнийского кита *Rhachianectes glaucus* (Cope).

Описывая привычки *Rhachianectes glaucus* в своей книге Whale Hunting with Gun and Camera (стр. 207, 1928) Эндруз (Hey Chapman Andrews) говорит: „Хотя желудки большего числа серых китов были тщательно исследованы, я никогда не мог открыть, что составляет их пищу, и никто другой не имел лучших успехов. В каждом случае желудок был более или менее наполнен темнозеленой жидкостью, в которой наиболее основательным материалом были кусочки водорослей, немного морской травы и незначительное количество светлозеленого, студенистого материала“.

Этот пробел удалось восполнить в сезон 1933 г. во время промысла китов в Полярном море китобойной флотилией „Алеут“.

3 сентября к району, где в течение нескольких дней производился промысел горбатого кита (*Megaptera nodosa*) и финвала (*Balaenoptera physalus*), подошло большое, голов в двести, стадо серых калифорнийских китов — *Rhachianectes glaucus* (Cope).

Стадо двигалось вдоль берега с северо-запада небольшими, голов по 5—7, группами.

По моей просьбе был убит один экземпляр этого вида и немедленно доставлен к базе для разделки.

В желудке у него оказались совершенно сохранившимися разнообразные *Amphipoda* — *Ampelisca macrocephala*, *Lembos arcticus*, *Anonyx nugax*, причем преобладали *Ampelisca macrocephala*. **

* Из отчета о научно-промысловой работе в китобойной флотилии на Дальнем Востоке в 1932-1933 гг.

** Определение видового состава пищи *Rhachianectes glaucus* проделано научным сотрудником ТИРХ А. Ф. Щуриным.

На следующий день был убит еще один экземпляр этого же вида (*Rhachianectes glaucus*). В желудке оказались те же *Amphipoda*: *Ampelisca macrocephala*, *Lembos arcticus*, *Anonyx nugax*, причем преобладали так же *Ampelisca macrocaephala*.

Таким образом, по двум свежим экземплярам удалось установить, что *Rhachianectes glaucus* питается придонными ракообразными мелководных частей континентальной ступени — *Amphipoda*.

Но наличие очень жесткого уса заставляет меня думать, что и от рыбы кит, по всей вероятности, не отказывается. Более детальное в количественном отношении исследование я надеюсь провести в сезон 1934 г.

О возрастном и половом составе *Physeter macrocephalus* (Lin).

В литературе, посвященной *Physeter macrocephalus*, нет ясности, в частности, по вопросу о половом и возрастном составе кашалотов, посещающих наши дальневосточные воды.

В сезон 1933 г. нами добыто в районе Авачинской губы и залива Кроноцкого 57 кашалотов, причем все самцов, разновозрастных по своему составу.

Наибольшая длина добытых кашалотов достигала 17 м 60 см и наименьшая 12 м 18 см.

Отмечено довольно частое нахождение зубов и в верхней челюсти (до 18 штук), причем иногда они функционируют. Количество зубов в нижней челюсти колебалось от 35 до 51. Зубы верхней челюсти мелкие, цельные, тогда как нижние большей частью полые. Ни одной самки в промысле не было.

В желудках почти у всех были *Octopus*'ы и донные рыбы — *Cyclopteridae*, *Batoidae*.

Кашалоты держались группами от 3 до 8, причем в группах, как правило, — одновозрастные кашалоты: либо молодые — 12—14 м, либо средние — 15—16 м, либо старые — 17—18 метров. Из групп в 8 голов нам удавалось добыть до 5 голов, и по размерам они всегда почти одинаковы, разница выражалась в сантиметрах.

Самок *Physeter macrocephalus* мы промышляли в районе островов Ревилья Гигедо в 1932 г. (в тропиках), причем старая самка с шатающимися зубами едва достигала 13 м, тогда как самцы такой же величины имеют непрорезавшиеся еще зубы.

Взвешивание китов.

Для определения ориентировочного среднего веса кита, в сезон 1933 г. было точно взвешено три промысловых кита: два финвала *Balaenoptera physalus* (Lin.) и один горбатый кит *Megaptera nodosa* (Bonn.)

Взвешивание производилось на обыкновенных 500-килограммных весах кусками по 50—100 кг. Киты разрезались и распиливались на мелкие части.

Привожу полученные данные:

№ 86, Финвал *Balaenoptera physalus*, ♀, зоологическая длина 20 м 80 см, обхват у грудных плавников 8 м 50 см, жировой слой 7 см.

Общий вес 53 801 кг. Из них:

1. Сало	7 758 кг	8. Позвонки	6 116 кг
2. Брюшина	5 516 „	9. Череп	2 055 „
3. Мясо	28 700 „	10. Ребра	1 480 „
4. Язык	1 880 „	11. Нижняя челюсть	1 322 „
5. Внутренности	2 419 „	12. Грудные плавники	110 „
6. Сердце	148 „	13. Ус	516 „
7. Печень	378 „	14. Зародыш	457.5 „

№ 110, финвал *Balaenoptera physalus*, ♀, зоологическая длина 19 м 90 см, обхват у грудных плавников 8 м 50 см, жировой слой 6.5 см.

Общий вес 48 600 кг. Из них:

1. Сало	6 326 кг	7. Печень	371 кг
2. Брюшина	6 180 „	8. Позвонки	5 483 „
3. Мясо	22 511 „	9. Череп	1 647 „
4. Язык	1 558 „	10. Ребра	1 359 „
5. Внутренности	2 272 „	11. Нижняя челюсть	1 161 „
6. Сердце	142 „	12. Грудные плавники	97 „
		13. Ус с мясом	396 „

№ 143, горбач *Megaptera nodosa*, ♀, зоологическая длина 13 м 90 см, обхват у грудных плавников 9 м 40 см, жировой слой 13.5 см.

Общий вес 32 374 кг. Из них:

1. Сало	5 322 кг	6. Кости (позвонки, ребра)	9 627 кг
2. Брюшина и язык	3 445 „	7. Грудные плавники	1 000 „
3. Мясо	9 959 „	8. Ус	388 „
4. Внутренности	3 633 „	9. Нижняя челюсть	1 152 „
5. Сердце	243 „	10. Череп	1 605 „

Должен отметить, что это второй случай в практике китобойного промысла, когда кит точно провешивался вообще и первый случай провешивания финвалов и горбача.

Известно (по Эндрузу, 1916 г.), что в 1903 г. доктор Ф. Лока взвесил по частям голубого кита, убитого возле Ньюфаундленда; общий вес кита равнялся 63 тоннам.

Тихоокеанский институт
рыбного хозяйства. Владивосток.

Поступило
9 IV 1934.

ZOOLOGY

SOME DATA ON WHALES OF THE FAR EAST *

By B. ZENKOVIČ

(*Communicated by S. Zernov, Member of the Academy, 17. IV. 1934*)

My participation in the expeditions of the 1st Soviet Whaling Fleet 'Aleut' both in 1932 during its experimental whaling in the tropics and in 1933 during its commercial whaling in our Far Eastern seas resulted in a collection of various data and in the elucidation of several hereto unknown aspects in the life history of whales. So, for instance, were solved the questions of the sex and age of the sperm whales (*Physeter macrocephalus*) migrating into our waters and of the food of the Californian grey whale (*Rhachianectes glaucus*). During the season of 1933 I also succeeded in having three whales fully weighed.

In this paper I present the results of my observations, dissection, and weighings.

Food of the Californian Grey Whale *Rhachianectes Glaucus* (Cope)

Describing the habits of this species in his interesting book 'Whale Hunting with Gun and Camera' (1928), Roy Chapman Andrews says (p. 207); 'Althongh the stomachs of a large number of grey whales had been carefully examined, I could never discover what their food consisted of, nor was anyone else more successful. In every case the stomach was found more or less filled with a dark green liquid, whose principal component

* From the report on the research work aboard the Far Eastern Whaling Fleet in 1932—1933.

were small pieces of seaweed, a small quantity of sea grass, and an insignificant amount of light green gelatinous matter.

We succeeded in filling up this gap during the whaling season on the 'Aleut' fleet in the Polar Sea in 1933.

On September 3 a large school of about 200 head of Californian grey whale *Rhachianectes glaucus* (Cope) appeared in the region where we had been for several days hunting the humpback whale (*Megaptera nodosa*) and the fin whale (*Balaenoptera physalus*). The school was moving from the northwest along the coast in small groups of 5—7 whales.

One specimen ot this species was at my request captured and immediately towed to the base for flensing.

In its stomach we discovered various fully preserved *Amphipoda*: *Ampelisca macrocephala*, *Lembos arcticus*, *Anonyx nugax*, *Ampelisca macrocephala* being predominant.

Next day one more specimen of this species was captured and examined. In its stomach were found the same *Ampelisca macrocephala*, *Lembos arcticus*, *Anonyx nugax*, *Ampelisca macrocephala* being again predominant.

Thus the evidence of these two fresh specimens enabled us to establish that the *Rhachianectes glaucus* feeds on the sea-bottom crustacea of the shallow parts of the continental shelf, i. e. the *Amphipoda*.

The presence of very stiff baleen-blades, however, induces me to think that this species also feeds on fishes. I hope to be able to make more detailed quantitative investigations during the season of 1934.

The determination of the food compositition of the *Rhachianectes glaucus* was performed by A. Ščurin, scientific worker of the Pacific Institute of Fisheries.

Sex and Age of the *Physeter macrocephalus* (Lin.)

In the literature on the *Physeter macrocephalus* we find no definite data, in particular with regard to the sex and age of the sperm whale visiting our Far Eastern waters.

During the season of 1933 we captured in the region of the Avatchinsk bay and Kropotsk bay 57 sperm whales, all of whom were males of different ages.

The maxinum length was 17 m 60 cm, and the minimum 12 m 18 cm.

In comparatively many of the specimens captured, teeth were found in the upper jaw (up to 18 in number) and in some cases they were functional. Tha number ot teeth in the lower jaw varied from 35 to 51. The teeth of the upper jaw were small and intact, while those of the lower jaw were in the majority hollow.

Not a single female was met with during the season.

In almost all the stomachs Octopods and sea-bottom fishes (*Cyclopteridae*, *Batoidae*) were discovered.

The sperm whales formed schools of from 3 to 8, and as a rule each group consisted of animals of one age: either young sperm whales of 12—14 metres, or sperm whales of middle age of 15—16 metres, or old ones of 17—18 metres.

Several times we succeeded in capturing 5 whales out of a school of 8. And almost always their measurements were found to be almost identical, the difference being only of a few centimetres.

We hunted females of *Physeter macrocephalus* in 1932 in the tropics off the islands Revilla Gigedo, and old females with shaking teeth hardly measured 13 metres, while males of the same length still have uncut teeth.

The Weighing of Whales

To ascertain approximately the average weight of a whale, we had three whales accurately weighed during our expedition in 1933, namely two fin whales, *Balaenoptera physalus* (Lin.), and one humpback whale *Megaptera nodosa* (Bonn.).

The whales were cut up and sawed into small pieces of from 50 to 100 kg and weighed on an ordinary 500 kg balance.

The results were ot follows:

No 86, fin whale *Balaenoptera physalus*, female, zoological length 20 m 80 cm, chest measurement at the flippers 8 m 50 cm, blubber layer 7 cm.

Total weight 53 801 kg, whereof:

1 Blubber	7 753 kg	8 Vertebrae	6 116 kg
2 Peritoneum	5 516 „	9 Skull	2 055 „
3 Flesh	23 700 „	10 Ribs	1 480 „
4 Tongue	1 830 „	11 Lower jaw	1 322 „
5 Viscera	2 419 „	12 Flippers	110 „
6 Heart	148 „	13 Baleen	616 „
7 Liver	378 „	14 Foetus	457.5 „

No 110, fin whale *Balaenoptera physalus*, female, zoological length 19 m 90 cm, chest measurement at the flippers 8 m 50 cm, blubber layer 6.5 cm.

Total weight 48 600 kg, whereof:

1 Blubber	6 326 kg	8 Vertebrae	5 483 kg
2 Peritoneum	5 180 „	9 Skull	1 647 „
3 Flesh	22 511 „	10 Ribs	1 356 „
4 Tongue	1 558 „	11 Lower jaw	1 161 „
5 Viscera	2 272 „	12 Flippers	97 „
6 Heart	142 „	13 Baleen with the flesh	496 „
7 Liver	371 „		

No 143, Humpback whale *Megaptera nodosa*, female, zoological length 13 m 90 cm, chest measurement at the flipperes 9 m 40 cm, blubber layer 13.5 cm.

Total weight 32 374 kg, whereof:

1 Blubber	5 322 kg	6 Bones (vertebrae, ribs)	9 627 kg
2 Tongue and peritoneum	3 445 „	7 Flippers	1 000 „
3 Flesh	9 959 „	8 Baleen	388 „
4 Viscera	3 633 „	9 Lower jaw	1 152 „
5 Heart	243 „	10 Skull	1 605 „

I must add that this is only the second time in the history of whaling that whales have been accurately weighed and the first time that this has been done with fin and humpback whales.

As is well known (see Andrews, 1916) in 1903 F. Locca weighed in pieces a blue whale captured near Newfoundland. The total weight was 63 tons.

Pacific Insitute of Fisheries
Vladivostok.

Received
9. IV. 1934.

Поправка. В сообщении В. М. Чулановского и М. П. Мохнаткина (ДАН, том II, № 1, стр. 18) в таблице 1 вместо 60ē35.25, следует 60335.25; скобка, соединяющая третью и четвертую строки, должна соединять вторую и третью, строки. Во всем сообщении обозначения термов буквами Φ_0, Φ_1, Φ_2 и $^3\Phi$ должны быть заменены P_0, P_1, P_2 и ^3P.

Berichtigung. In der Mitteilung von V. Čulanovskij und M. Mochnatkin (C. R. de l'Acad. d. Sci. de l'URSS, vol. II, № 1, p. 18) steht in Tabelle 1 60ē35.25 statt 60335.25; die Klammer zwischen Zeile 3 u. 4 soll Zeile 2 u. 3 verbinden. Die Termenbezeichnungen Φ_0, Φ_1, Φ_2, u. $^3\Phi$ sind durchweg durch P_0, P_1, P_2 и ^3P zu ersetzen.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

1. В „Докладах" помещаются предварительные сообщения или статьи-конспекты научных работников СССР, содержащие в краткой форме наиболее существенные результаты их работы в области математики, естествознания и теоретической техники.

2. Объем статьи не должен превышать 10 000 печ. знаков.

3. Статьи направляются в редакцию „Докладов" непосредственно или через действительных членов Академии Наук.

4. Статьи принимаются к напечатанию Редакционной коллегией с отзывом действительных членов Академии Наук по специальности. Статьи членов-корреспондентов Академии Наук, наравне со статьями действительных членов Академии Наук, направляются в Редакционную коллегию непосредственно без отзыва действительных членов Академии Наук.

5. Каждая статья печатается на русском и на одном из иностранных языков, французском, английском или немецком. Автор должен представить вместе с русским текстом статьи ее перевод или резюме на одном из указанных иностранных языков.

6. Объем перевода не должен превышать 10 000 печ. знаков, резюме — не более 3 000 печ. знаков.

7. Цитируемая литература должна быть автором указываема не в подстрочных примечаниях, а в конце статьи общим списком с обозначением в тексте статьи порядковой цифрой ссылки на цитируемую работу.

8. В конце статьи автором должны быть обозначены на русском и иностранном языках название и местонахождение научного учреждения, в котором произведена работа.

9. Иллюстрации в „Докладах" помещаются лишь в исключительных случаях.

10. Статьи должны быть доставляемы в совершенно готовом к печати виде (переписанными на машинке на одной стороне листа, через два переката).

11. В виду срочности издания корректуры статей авторам не посылаются.

12. Автор получает бесплатно 50 отдельных оттисков своей статьи.

Редакционная Коллегия просит действительных членов Академии Наук при направлении статей в „Доклады" для напечатания указывать на статьях дату их получения от авторов.

Напечатано по распоряжению Академии Наук СССР

31 мая 1934 г.

Непременный секретарь академик *В. Волгин*

Редакционная коллегия: академик А. А. Борисяк
академик С. И. Вавилов
академик А. А. Рихтер

Ответственный редактор академик-секретарь ОМЕН А. А. Борисяк

Редактор издания И. М. Эйзен. — Технический редактор М. И. Стеблин-Каменский

Сдано в набор 18 мая 1934 г. — Подписано к печати 20 мая 1934 г.

56 стр. (837—892)

Формат бум. 72 × 110 см. — 4 печ. л. — 51 840 печ. зн. в л. Тираж 3000 + 175

Ленгорлит № 11996. — АНИ № 838. — Заказ № 8104

Типография Академии Наук СССР. В. О., 9 линия, 12

Цена 2 руб.

ПРИНИМАЕТСЯ ПОДПИСКА

НА

„ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК СССР“

(НОВАЯ СЕРИЯ)

с 1 июля 1934 г. по 1 января 1935 г.

Подписная цена на 6 месяцев (18 выпусков) **27 руб.**

«ДОКЛАДЫ» выходят ежедекадно (1, 11 и 21 каждого мес.)

Подписку и деньги направлять Сектору распространения Издательства Академии Наук Ленинград 53, В. О., Тучкова наб., 2, или сдавать доверенным, снабженным специальными удостоверениями

ПРИЕМ ПОДПИСКИ НА „ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК СССР“

с 1 января по 1 июля 1934 г. прекращен

(весь тираж издания исчерпан)

КОМПЛЕКТЫ

ИЗДАНИЯ

„ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК СССР“

(НОВАЯ СЕРИЯ)

за 1933 год

Шесть выпусков — 20 печ. листов

Цена 9 руб.